

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS ELECTRÓNICOS

TEMA:
DESARROLLO DE UN PROTOTIPO CON RECONOCIMIENTO POR VOZ
PARA EL CONTROL DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y CONFORT
DEL VEHÍCULO.

AUTORES:
JOFFRE LEONARDO FLORES ORDÓÑEZ
SEBASTIÁN ENRIQUE GARCÍA SÁNCHEZ

TUTOR:
JUAN PABLO TAMAYO BENAVIDES

Quito, agosto del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Joffre Leonardo Flores Ordóñez y Sebastián Enrique García Sánchez con documento de identificación N° 1723226468 y N° 1723241996 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO CON RECONOCIMIENTO POR VOZ PARA EL CONTROL DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y CONFORT DEL VEHÍCULO”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Joffre Leonardo Flores Ordóñez

C.I. 1723226468



Sebastián Enrique García Sánchez

C.I. 1723241996

Quito, agosto del 2020

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO CON RECONOCIMIENTO POR VOZ PARA EL CONTROL DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y CONFORT DEL VEHÍCULO”, realizado por Joffre Leonardo Flores Ordóñez y Sebastián Enrique García Sánchez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, agosto del 2020

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Juan Pablo T2', with a horizontal line drawn underneath it.

Juan Pablo Tamayo Benavides

C.I. 171482415-6

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi mamá que me dio la vida, educación, consejos y el apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria. En general a toda mi familia que nunca dejaron de creer en mí.

A mis amigos y maestros de estudio quienes fueron una gran ayuda durante todo este tiempo y que gracias a todos ellos que no perdieron su confianza en mí, pude realizar este proyecto de titulación.

Joffre Leonardo Flores Ordóñez

Quiero dedicar este proyecto de titulación a mis padres: Homero García y Mery Sánchez, quienes siempre han estado apoyándome en todos los momentos de mi vida con sus consejos y sabiduría. También quiero dedicarle a mi hermana, Daniela García, quien siempre ha sido mi ejemplo a seguir y por enseñarme que luchando día a día se puede llegar lejos. Y a un pequeño bebé que viene en camino, Ignacio. Mi tía querida Silvi (+), esto también fue por ti.

Por último, y no menos importante a mis amigos que hice en la Universidad por los momentos compartidos que nunca se borrarán de mi memoria. A los maestros, quienes me encaminaron en este sueño y nos apoyaron en la realización de esta tesis.

Sebastián Enrique García Sánchez

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por darme la salud y las fuerzas necesarias para seguir adelante días tras día para culminar mi formación académica. A mi madre Sonia del Trancito Ordóñez Pesantez que, gracias a su apoyo, sacrificio y esfuerzo me permitió seguir con perseverancia en mis estudios y culminarlos satisfactoriamente.

Al ingeniero Juan Pablo Tamayo Benavides por su amistad, conocimientos y ayuda prestada para el desarrollo del presente proyecto de titulación

Finalmente, a esta prestigiosa Universidad por permitirme formarme como un buen cristiano y un honrado ciudadano.

Joffre Leonardo Flores Ordóñez

Quiero agradecer a mi Padre Homero García por su lucha y esfuerzos que me ayudaron a culminar mis estudios. A mi Madre Mery Sánchez que siempre ha estado ahí con sus consejos de amor, dándome siempre su apoyo espiritual que me ha ayudado a seguir adelante a pesar todo, en los momentos más difíciles siempre ha habido una luz que me guía. También agradecer a mi hermana Daniela García la cual me ha brindado muchas cosas a lo largo de mi vida y ha sido mi ejemplo de persona a seguir.

Agradezco también, a todos mis familiares que nunca me han dado la espalda. En especial quiero agradecer a mi tía Techa por ser una segunda madre en mi vida y, finalmente a mi abuelito Jaime agradecerle por la familia que me dio.

A nuestro tutor de tesis Juan Pablo Tamayo Benavides por darnos su apoyo para la culminación de este proyecto de titulación.

A mis amigos que hice en la universidad y las experiencias que tuvimos. A mi compañero de tesis Joffre por ser un gran amigo y una gran persona.

Agradecer a la Universidad por habernos forjado como unos grandes profesionales con buenos valores y principios.

Sebastián Enrique García Sánchez

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO 1.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Planteamiento de Problema	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Propuesta de Solución.	2
1.4 Objetivos	2
1.4.1 Objetivo General.....	2
1.4.2 Objetivos Específicos	2
1.5 Metodología.....	3
CAPÍTULO 2.....	4
ESTADO DEL ARTE.....	4
2.1 Paraplejia	4
2.2 La discapacidad en el Ecuador	4
2.3 Adaptaciones de vehículos para personas con paraplejia.....	6
2.4 Sistema De Iluminación	7
2.5 Tipos de luces	7
2.5.1 Luz de Posición.....	7
2.5.2 Luz de Cruce	7
2.5.3 Luz de Carretera.....	8
2.5.4 Luces Direccionales	8
2.5.5 Luz de emergencia o estacionamiento	8
2.6 Sistema de Confort	8
2.7 Sistema Embebido	9

2.8 Reconocimiento Automática del Habla.....	9
2.9 Funcionamiento del Reconocimiento Automático del Habla.....	10
2.9 Metodologías del Reconocimiento Automático del Habla.....	11
CAPÍTULO 3.....	13
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	13
3.1 Arquitectura del sistema	13
3.2 Diagramas de flujo del funcionamiento	16
3.3 Etapas del sistema	19
3.3.1 Señal de voz.....	19
3.3.2 Recopilación de la información	19
3.3.3 Procesamiento	21
3.3.4 Activación de actuadores	21
3.4 Estructura del sistema.....	21
3.5 Entrenamiento de la tarjeta de reconocimiento de voz.....	22
3.6 Cálculos y mediciones de los sistemas	24
3.6.1 Cálculo de corrientes	24
3.6.2 Medición de corrientes.....	26
3.7 Diseño y realización de las placas	30
3.8 Implementación del sistema electrónico en el vehículo.	34
CAPÍTULO 4.....	44
PRUEBAS Y RESULTADOS	44
4.1 Pruebas sin interferencias exteriores e interiores	45
4.2 Pruebas con interferencias interiores.....	49
4.3 Pruebas con interferencias exteriores e interiores	53
4.4 Pruebas de latencia	57
4.5 Validación del prototipo	60
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Persona en silla de ruedas	4
Figura 2.2 Tipos de Discapacidad	5
Figura 2.3 Grado de Discapacidad Física	5
Figura 2.4 Beneficiarios del identificador vehicular por grado de discapacidad	6
Figura 3.1 Prototipo implementado en el vehículo	13
Figura 3.2 Arquitectura del sistema con Elechouse V3	15
Figura 3.3 Colocación del micrófono del usuario	16
Figura 3.4 Diagrama de flujo de entrenamiento.....	17
Figura 3.5 Diagrama de flujo del funcionamiento	18
Figura 3.6 Etapas del sistema con Elechouse V3.....	19
Figura 3.7 Estructura del sistema	21
Figura 3.8 Comandos para el entrenamiento	22
Figura 3.9 Comando “sigtrain”	23
Figura 3.10 Proceso de grabación del audio	23
Figura 3.11 Comando “load”	24
Figura 3.12 Medición de corriente de luces direccionales.....	26
Figura 3.13 Medición de corriente de luz de posición	27
Figura 3.14 Medición de corriente de luz de cruce	27
Figura 3.15 Medición de corriente de luz de carretera.....	28
Figura 3.16 Medición de corriente del elevallunas	28
Figura 3.17 Medición de corriente de bloqueo central.	29
Figura 3.18 Medición de corriente de la alarma	29
Figura 3.19 Medición de corriente de limpiaparabrisas.....	30
Figura 3.20 Circuito de Potencia.....	30
Figura 3.21 Diseño de la placa PCB	32
Figura 3.22 Diseño de la placa en 3D	32
Figura 3.23 Pistas planchadas	33
Figura 3.24 Placa quemada y perforada	33
Figura 3.25 Placas de Control Finalizadas	34
Figura 3.26 Prototipo final montado en el vehículo.....	34
Figura 3.27 Desmontaje del vehículo para la instalación del prototipo.....	35
Figura 3.28 Desmontaje del vehículo para conexión de elevallunas eléctrico.....	35

Figura 3.29 Conexiones de la placa de los actuadores del sistema de iluminación hacia las borneras del vehículo.	36
Figura 3.30 Diagrama eléctrico de luces de posición.	37
Figura 3.31 Diagrama eléctrico de luces de cruce y carretera	38
Figura 3.32 Diagrama eléctrico de luces direccionales.....	39
Figura 3.33 Conexión de la placa de los actuadores del sistema de confort hacia las borneras del vehículo	40
Figura 3.34 Diagrama eléctrico de limpiaparabrisas delantero.....	41
Figura 3.35 Diagrama eléctrico de elevallunas del conductor	42
Figura 3.36 Diagrama eléctrico del bloqueo central	42
Figura 3.37 Diagrama eléctrico de la alarma vehicular.	43
Figura 4.1 Vehículo adaptado con el prototipo.	45
Figura 4.2 Ruido medido por el sonómetro en el vehículo sin interferencias.....	46
Figura 4.3 Datos estadísticos de los comandos sin interferencias exteriores e interiores del sistema de iluminación.	47
Figura 4.4 Datos estadísticos de los comandos sin interferencias exteriores e interiores del sistema de confort.	49
Figura 4.5 Ruido medido por el sonómetro en el vehículo con interferencias interiores.....	50
Figura 4.6 Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores del sistema de iluminación.	51
Figura 4.7 Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores del sistema de confort.	52
Figura 4.8 Imagen del tránsito de la Av. Ajaví.....	53
Figura 4.9 Fotografía del tránsito de la av. Ajaví al momento de las pruebas.....	54
Figura 4.10 Ruido medido por el sonómetro en el vehículo con interferencias interiores y exteriores.....	54
Figura 4.11 Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores y exteriores del sistema de iluminación.	56
Figura 4.12 Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores y exteriores del sistema de confort.....	57
Figura 4.13 Datos estadísticos de los resultados de validación del prototipo.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Especificaciones técnicas Arduino Uno.....	14
Tabla 3.2 Características Técnicas del Módulo Elechouse v3	15
Tabla 3.3 Activación de las palabras y su acción del sistema de iluminación.....	20
Tabla 3.4 Activación de las palabras y su acción del sistema de confort	20
Tabla 4.1 Muestras tomadas sin interferencias exteriores e interiores con los comandos de sistema de iluminación.....	47
Tabla 4.2 Muestras tomadas sin interferencias exteriores e interiores con los comandos de sistema de confort	48
Tabla 4.3 Muestras tomadas con interferencias interiores de los comandos del sistema de iluminación.....	51
Tabla 4.4 Muestras tomadas con interferencias interiores de los comandos del sistema de confort.	52
Tabla 4.5 Muestras tomadas con interferencias interiores y exteriores de los comandos del sistema de iluminación.....	55
Tabla 4.6 Muestras tomadas con interferencias interiores y exteriores de los comandos del sistema de confort	56
Tabla 4.7 Muestras tomadas de latencia para el sistema de iluminación.....	58
Tabla 4.8 Muestras tomadas de latencia para el sistema de confort	59
Tabla 4.9 Prueba de Latencia con Elechouse V3	60
Tabla 4.10 Factores para la validación del prototipo con el Elechouse V3	61

RESUMEN

En la actualidad las personas con paraplejia tienen dificultades al momento de realizar actividades cotidianas como es desplazarse de un sitio a otro en sus vehículos, ya que no tienen un control adecuado para los sistemas de accionamiento de las luminarias y confort, lo que hace que sus tiempos de respuesta no sean óptimos y puedan causar un accidente de tránsito.

Para evitar este tipo de incidentes, se desarrolló un prototipo con reconocimiento por voz, el cual funciona por medio de comandos previamente definidos por el usuario, los mismos que serán grabados en la memoria de un microprocesador y cuando sean mencionados activarán salidas digitales de la tarjeta controladora; la misma que tendrá un sistema de relés que accionarán los distintos actuadores.

El reconocimiento por voz permite reconocer patrones como lo son la acentuación y el tono de voz de la persona. El sistema embebido también permite a la persona con discapacidad alertar mediante un comando clave si está sufriendo de algún tipo de robo o agresión, este comando activará una alarma sonora, subirá el vidrio del conductor y bloqueará los seguros.

Las pruebas de funcionamiento y de validación se realizaron en un vehículo el cual tendrá adaptado el sistema de reconocimiento por voz para personas con paraplejia.

ABSTRACT

At present, people with paraplegia have difficulties when carrying out daily activities such as moving from one place to another in their vehicles, since they do not have adequate control for the lighting and comfort activation systems, which makes their response times are not optimal and may cause a traffic accident.

To avoid this type of incident, a prototype with voice recognition was developed, which works by means of commands previously defined by the user, which will be recorded in the memory of a microprocessor and when mentioned will activate digital outputs of the card. controller; the same one that will have a system of relays that will activate the different actuators.

Voice recognition allows you to recognize patterns such as accentuation and the person's tone of voice. The embedded system also allows the person with a disability to alert by means of a key command if they are suffering from some type of theft or assault, this command will activate an audible alarm, raise the driver's glass and lock the locks.

The operation and validation tests were carried out in a vehicle which will have the voice recognition system adapted for people with paraplegia.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de titulación tiene como objetivo principal facilitar el proceso de activación de los sistemas de iluminación y confort para personas con paraplejia, así como también proporcionar un mejor estilo de conducción y una mayor seguridad en el transcurso de su viaje.

Primer Capítulo, se detalla el alcance del proyecto de control por voz por medio de los objetivos planteados el cual se implementará en un vehículo, además se describe el planteamiento del problema, justificación del proyecto técnico, las metodologías usadas y la propuesta de solución.

Segundo Capítulo, se estudiará la fundamentación teórica de los sistemas de iluminación y confort. Se investigará el sistema de reconocimiento por voz para el análisis de su funcionamiento. También los conceptos tanto en software como en hardware para el sistema electrónico embebido.

Tercer Capítulo, se levantará la información necesaria para que el prototipo tenga las condiciones óptimas para su funcionamiento en el vehículo. Así como también se diseñará el prototipo de control por voz para las personas con paraplejia.

Cuarto Capítulo, se realizarán las pruebas y resultados obtenidos del prototipo en diferentes escenarios en cuanto a ruido e interferencias ya sean interiores o exteriores. Además, se realizará una validación del prototipo con una serie de preguntas que ayudará a determinar la viabilidad del proyecto.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento de Problema

Para las personas con paraplejia tener un vehículo adaptado les permite llevar una vida más autónoma e independiente. Actualmente existen varias formas de adaptar un vehículo, facilitando la solución a cualquier problema que se presente.

Los sistemas de iluminación y confort de vehículos adaptados son los que principalmente se dificulta accionar, causando que el conductor se distraiga por segundos y esto desencadene en posibles accidentes. Estas distracciones surgen debido a que el conductor ya tiene controles en cada mano lo cual dificulta los accionamientos por palancas de los sistemas de iluminación y confort.

Otro problema se presenta al momento de subir al vehículo ya que son muy altos y no pueden hacerlo ellos mismos. La inseguridad debido al robo de vehículos también es un factor preocupante, por lo que se requiere atención al control del acceso, vidrios y alguna alarma para estar prevenidos.

1.2 Justificación

Existen vehículos por control de voz, pero son para personas con todas sus habilidades y para las personas con paraplejia se dificulta su manejo debido a que no está adaptado. Al automatizar los sistemas de iluminación y confort se podrá tener una mayor confianza al momento de conducir, sin perder la concentración en el camino, lo cual también mejorará la eficiencia del tiempo de respuesta del conductor.

Para las personas con paraplejia es necesario tener un adecuado sistema que les permita estar atentos y tener el control del sistema de iluminación y confort al alcance, para así reducir posibles accidentes.

Uno de los elementos que más suele generar preocupación entre los dueños de los automóviles es que, este no cuente con un sistema de alarma que ayude a reforzar la seguridad de su vehículo ya que las personas con paraplejia tienen menor movilidad por ende tienen un tiempo de reacción más lento.

1.3 Propuesta de Solución.

Se pretende investigar los sistemas de reconocimiento por voz para poderlos aplicar en un automóvil. Además, conocer los sistemas de iluminación y confort del vehículo para las modificaciones necesarias al momento de la implementación del sistema electrónico. Por lo cual se desarrollará un prototipo con reconocimiento por voz para el control del sistema de iluminación en el cual por medio de comandos o palabras clave se accionará las luces bajas, luces altas, luces intermitentes y de dirección. De igual forma se controlará por comandos de voz los limpiaparabrisas delanteros, seguros de las puertas y vidrios eléctricos del vehículo. Para el módulo de reconocimiento por voz se acoplará un micrófono el cual estará aislado de sonidos externos que puedan interrumpir los comandos de voz. Posteriormente se implementará un sistema de alarma el cual permitirá garantizar la seguridad del conductor y pasajeros, al mencionar una palabra clave bloqueará los seguros de las puertas y subirá las ventanas para así evitar cualquier robo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo con reconocimiento por voz para el control de los sistemas de iluminación y confort de un vehículo para personas con paraplejia.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Investigar el sistema de reconocimiento por voz para el análisis de su funcionamiento.
- Analizar los sistemas de iluminación y confort del vehículo para la implementación del sistema electrónico.
- Desarrollar un sistema electrónico para la automatización de los sistemas de iluminación y confort de un vehículo utilizando reconocimiento por voz.
- Realizar pruebas de funcionamiento en personas con paraplejia para su validación.

1.5 Metodología

Para la investigación del reconocimiento por voz se utilizará el método inductivo para reconocer las características de los diferentes módulos.

Para el análisis de los sistemas de iluminación y confort del vehículo se utilizará el método analítico para el reconocimiento de las áreas donde se aplicará el sistema electrónico

Para el desarrollo del sistema electrónico se utilizará el método práctico para el entrenamiento de las diferentes instrucciones.

Para las pruebas de funcionamiento se aplicará el método experimental para comprobar el funcionamiento del sistema y corregir las fallas.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE

2.1 Paraplejia

Es una enfermedad la cual no es progresiva y que puede presentarse de manera natural o puede ser causada por un traumatismo en la espina dorsal, esto causa un deterioro en las extremidades inferiores. (Echeverri, 2018)

La calidad de vida de la persona con paraplejia se ve afectada ya que tiene algunas complicaciones al momento de movilizarse debido a su condición. En ciertos casos, la movilización se efectúa mediante el uso de una silla de ruedas tal como se indica en la Figura 2.1.

Figura 2.1 Persona en silla de ruedas



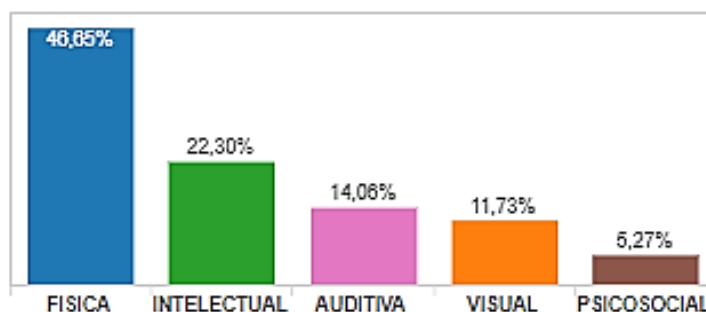
Persona en silla de ruedas por paraplejia, Fuente: (Echeverri, 2018)

2.2 La discapacidad en el Ecuador

En la Figura 2.2 según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS), se puede observar los tipos de discapacidades presentes dentro del Ecuador. Teniendo un total de 475.747 personas con discapacidad en el registro nacional de discapacidad. Donde se observa que se tiene un porcentaje de 46.65% de

personas con una discapacidad física que da un total de 221.913 personas. En este grupo de personas se encuentran las personas con paraplejia. (CONADIS, 2019)

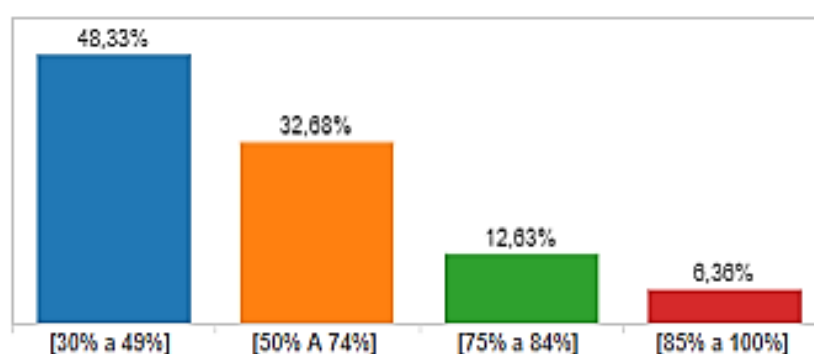
Figura 2.2 Tipos de Discapacidad



Tipos de Discapacidad en el Ecuador, Elaborado por: (CONADIS, 2019)

Al hablar del grado de discapacidad física, se sabe que la paraplejia ocasiona la pérdida de la movilidad de las extremidades inferiores por lo cual el grado de discapacidad es alrededor del 50%. Por lo cual se habla que se tomará en cuenta 2 grupos. El primero es del 30% al 49% de discapacidad física con un total de 48.33% que sería un total de 107.250 personas y el segundo grupo del 50 % al 74% de discapacidad física con un total de 32.68% que sería un total de 72.511 personas tal como se muestra en la Figura 2.3. (CONADIS, 2019)

Figura 2.3 Grado de Discapacidad Física

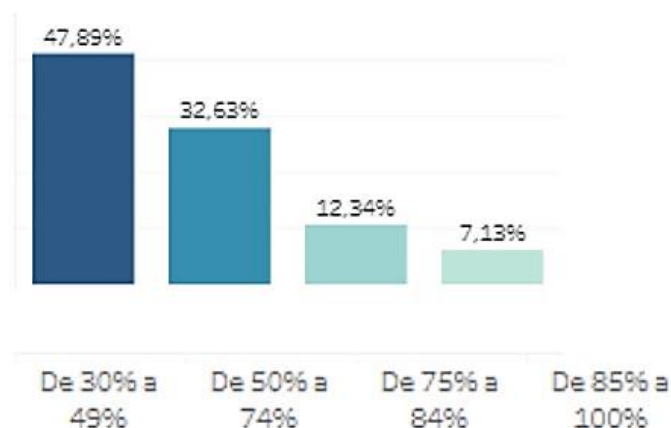


Grados de Discapacidad en el Ecuador, Elaborado por: (CONADIS, 2019)

El Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidad (CONADIS) muestra que las personas con discapacidad beneficiarias del identificador vehicular dentro del

Ecuador son un total de 2.598 de las cuales solo el 65.82 % son personas con una discapacidad física, es decir; un total de 1.710 personas. En donde considerando el grado de discapacidad desde 30% al 74 % para personas con paraplejia se tendría un total de 1376 personas que serían beneficiarias del identificador vehicular tal como se muestra en la Figura 2.4. (CONADIS, 2019)

Figura 2.4 Beneficiarios del identificador vehicular por grado de discapacidad



Beneficiarios del identificador vehicular por grado de discapacidad en el Ecuador, Elaborado por: (CONADIS, 2019)

2.3 Adaptaciones de vehículos para personas con paraplejia

Dentro de la ciudad no solo es necesario tener adaptaciones para que las personas con paraplejia puedan trasladarse con facilidad. Sino también tener un vehículo que mejore la condición en el desplazamiento del diario vivir, según Orozco (2016) se debe tener presente que las modificaciones varían según el grado de complejidad que tenga la persona parapléjica y el tipo de vehículo que disponga. A continuación, se menciona algunas de las posibles modificaciones que se pueden llevar a cabo:

- Acelerador electrónico de aro concéntrico por encima del volante.
- Acelerador electrónico de aro concéntrico por debajo del volante.
- Acelerador mecánico de aro con freno al mano conjunto.
- Acelerador electrónico lineal.
- Freno autoblocante a la mano derecha o izquierda.

En estos sistemas el uso de sus dos manos es indispensable para una conducción segura.

2.4 Sistema De Iluminación

El sistema de iluminación es un punto clave en la seguridad activa, debido a que posibilita que el conductor maneje de una manera segura ya que proporciona la iluminación precisa para observar y ser observados con nitidez en situaciones de poca perceptibilidad.

2.5 Tipos de luces

Cada tipo de luz tiene su función específica dentro del sistema de iluminación, es el trabajo del conductor y de los usuarios de la vía analizar las circunstancias en las que se encuentre para tomar las decisiones respectivas.

Penabad (2019) afirma que “un sistema de iluminación apropiado y en condiciones óptimas es necesario, ya que las luces del vehículo son de vital importancia en emergencias.” Por lo cual es crucial poseer un alumbrado adecuado, asimismo se detalla a continuación los tipos de luces del sistema de iluminación.

2.5.1 Luz de Posición

Estas luces son necesarias para dar a conocer a los demás conductores de la posición y la superficie del vehículo. Se debe tener claro que nunca se debe transitar solo con las luces de posición ya que estas no iluminan de una forma correcta.

2.5.2 Luz de Cruce

También tiene el nombre de luces cortas y se usan en escenarios con insuficiente iluminación, además, se las utiliza cuando las luces de carretera no son obligatorias.

2.5.3 Luz de Carretera

Son conocidas como luces largas, su uso queda restringido cuando existe poca cantidad de luz en el ambiente ya que emiten una luminosidad superior a las demás. Es preciso señalar que este tipo de luz deslumbra a los conductores y peatones en las vías por lo tanto no es recomendable usarlas dentro de la ciudad. También se debe variar entre las luces cortas cuando se acerque otro vehículo de manera frontal.

2.5.4 Luces Direccionales

Para que el piloto indique a los demás conductores y peatones que va a realizar un giro o cambio de dirección, debe accionar las luces direccionales ya sea hacia la derecha o hacia la izquierda, las cuales son luces intermitentes que se encuentran en la parte delantera y trasera del vehículo.

2.5.5 Luz de emergencia o estacionamiento

Estas luces funcionarán al momento de presionar el botón de estacionamiento, el cual activará al mismo tiempo las cuatro luces intermitentes. Se usa en escenarios donde el vehículo implica un peligro para los conductores restantes.

2.6 Sistema de Confort

El sistema de confort del vehículo, como menciona Díaz (2015), hace referencia a la facilidad a la hora de conducir y de cómo genera un mayor provecho tanto para los pasajeros como para el conductor en el recorrido. Para que el sistema funcione correctamente se debe tener en cuenta que éste debe generar una correlación de confianza con el conductor. Algunos tipos de confort que se encuentran presentes dentro del habitáculo del vehículo son:

- Confort Acústico.
- Confort Térmico.
- Sistema de Seguridad.
- Elevalunas Eléctricos.
- Limpiaparabrisas.

2.7 Sistema Embebido

Según Salas (2015) afirma que, un sistema embebido hace referencia “a todo circuito electrónico digital capaz de realizar operaciones de computación, generalmente en tiempo real, que sirven para cumplir una tarea específica en un producto.” Ahora bien, los sistemas embebidos no se pueden comparar con los sistemas tradicionales de computación ya que estos sistemas tienen medios limitados y cumplen con tareas concretas que los hacen eficientes en varios entornos.

Su arquitectura está conformada por un microcontrolador el cual lleva a cabo instrucciones a una cierta velocidad; funciona con una señal síncrona. La potencia de procesamiento del sistema embebido viene dada por la frecuencia máxima de trabajo y por los recursos internos del microcontrolador. (Salas, 2015)

2.8 Reconocimiento Automática del Habla

El reconocimiento de voz es el proceso mediante el cual un sistema electrónico permite la interacción entre hombre-máquina para que sea capaz de procesar la voz humana. En conclusión, significa hablar con la máquina y hacer que reconozca correctamente lo que se está diciendo para ejecutar alguna tarea en específico. (Duxans & Ruiz, 2015)

El Reconocimiento Automático del Habla se lo puede clasificar por el tipo de aprendizaje: deductivo e inductivo.

- **Aprendizaje Deductivo:** el objetivo principal de este aprendizaje es la de traspasar la información y conocimientos del ser humano a la máquina.
- **Aprendizaje Inductivo:** Es lo contrario al deductivo ya que este aprendizaje debe tener la capacidad de adquirir la información o los conocimientos por medio de ejemplos.

Los siguientes puntos son los conceptos básicos necesarios para entender la tecnología de Reconocimiento Automático del Habla.

- **Declaración:** Es la vocalización de una palabra o palabras que representan un significado único para la máquina. Pueden ser una sola palabra, pocas palabras, una oración o incluso múltiples oraciones.

- **Dependencia del orador:** Estos sistemas están diseñados alrededor de un orador en específico, en general son más precisos para la persona que grabó y menos preciso para cualquier otra persona, esto es debido a que la persona que grabó va a tener un conjunto fonético diferente al resto.
- **Vocabulario (Diccionario):** Son un conjunto de palabras o expresiones que el sistema de reconocimiento automático del habla puede reconocer. Los conjuntos de expresiones más extensos tienen una dificultad de reconocimiento más grande respecto a los conjuntos de expresiones más cortos, ya que el procesamiento de computo va a ser menor.
- **Precisión:** La capacidad de un reconocedor de voz se examina midiendo su precisión. Esto influye en el identificar de una manera eficiente un enunciado. Un buen reconocedor de voz tiene una precisión del 98% o más, la precisión aceptable de un sistema de reconocimiento automático del habla va a depender de la aplicación.
- **Entrenamiento:** Un sistema de reconocimiento automático del habla se entrena haciendo que el orador repita un conjunto de expresiones y ajustando el algoritmo de comparación para que coincida con la base de datos. Un reconocedor generalmente mejora su precisión al ser entrenado.

2.9 Funcionamiento del Reconocimiento Automático del Habla

Los sistemas fonéticos acústicos utilizan el reconocimiento de la persona, es decir, que compara las características del habla como son los sonidos de las vocales. La mayoría de los sistemas modernos se centran en el enfoque de reconocimiento de patrones porque se combinan bien con las técnicas informáticas actuales y tiende a tener una mayor precisión.

Existe una serie de pasos para entender el funcionamiento de los reconocedores de voz los cuales son:

- **Grabación de audio:** Se logra de varias maneras. Los puntos de partida se pueden encontrar comparando los niveles de audio ambiental con la muestra recién grabada. La detección del punto final es más difícil porque los oradores

tienden a dejar "ruidos no deseados" que incluyen respiración, suspiros, charlas entre dientes y ecos.

- **Pre-Filtrado:** Va a depender del sistema de reconocimiento automático del habla. El método más común es el de banco de filtros, que usa una serie de filtros de audio para preparar la muestra. Otro método es el de codificación predictiva lineal que usa una función de predicción para calcular los posibles errores.
- **Extracción de Rasgos Característicos:** La señal va a ser dividida en frames (ventanas de tiempo) cada 25 ms con una superposición entre ellas de 10 ms para poder extraer los rasgos característicos. En cada ventana se aplica transformaciones de funciones matemáticas como son Fourier y Cosenos Discretos para obtener un vector característico de la señal.
- **Comparación y Emparejamiento:** La mayoría implica comparar la ventana actual con muestras de señales conocidas. Existen métodos que utilizan Modelos Ocultos de Márkov (HMM), análisis de frecuencia, análisis diferencial, métodos de álgebra lineal, distorsión espectral y métodos de distorsión de tiempo. Todos estos métodos se utilizan para generar una coincidencia de probabilidad y precisión.

2.9 Metodologías del Reconocimiento Automático del Habla

Algunas de las metodologías más utilizadas, según Camargo (2010), afirma que dentro del reconocimiento automático del habla son las siguientes:

- **Metodología de comparación de patrones:** Su nombre hace referencia a la comparación entre los rasgos espectrales de señales y señales almacenadas en la base de datos. Para este método el sistema analiza solo una parte del espectro de la voz lo que limita su uso en aplicaciones.
- **Metodología de reconocimiento por modelos ocultos de Márkov:** Es un modelo que ocupa procesos estocásticos en el cual busca encontrar cuantificaciones conocidas a partir de cuantificaciones observables.
- **Metodología de identificación por Redes Neuronales Artificiales:** Su actividad es comparada con la del cerebro humano, ya que la neurona es el

procesador el cual identifica patrones por medio de un conjunto de órdenes de operaciones secuenciales y se comunica con otras neuronas hasta tener un resultado final.

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se detalla todo lo concerniente al desarrollo del prototipo desde la parte mecánica del diseño de las piezas realizadas en el programa Autodesk Fusion 360. Así como también la parte de la realización de las placas hechas en el programa Proteus 8 Professional. Luego se detallará la programación de las tarjetas de reconocimiento por voz Elechouse V3 mediante el Software Arduino. Dando como resultado la instalación del prototipo a los sistemas de iluminación y confort en el vehículo que se presenta en la Figura 3.1.

Figura 3.1 Prototipo implementado en el vehículo



Prototipo finalizado y usado en las pruebas. Elaborado por: Joffre Flores, Sebastián García

3.1 Arquitectura del sistema

Para crear el prototipo electrónico se utilizó tarjetas Arduino Uno debido a las características que se indican en la Tabla 3.1 como lo es el número de entradas/salidas digitales, la capacidad de memoria flash y finalmente su compatibilidad con la tarjeta Elechouse V3. El sistema de iluminación va a constar de las luces de posición, de carretera, de cruce, de estacionamiento y luces direccionales.

El sistema de confort va a constar del vidrio del conductor, de los seguros y de las velocidades del limpiaparabrisas delantero, además de un sistema de alarma para ayudar a la seguridad del conductor y sus acompañantes.

Tabla 3.1 Especificaciones técnicas Arduino Uno

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Consumo de corriente	46 mA
Digital I/O Pins	14 (de los cuales 6 son salida PWM)
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	32 KB
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed:	16 MHz

Especificaciones técnicas del Arduino Uno y Arduino Mega. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Cada circuito de control incorpora una tarjeta Elechouse Voice Recognition V3 la cual fue seleccionada debido al tipo de aprendizaje deductivo, que permite pasar la información requerida a la tarjeta, además de las características que indica en la Tabla 3.2 como lo es: principalmente por la precisión de reconocimiento del 99%, la compatibilidad con Arduino, por el bajo consumo de corriente, su comunicación por UART, su tamaño, y la fácil adquisición en el mercado.

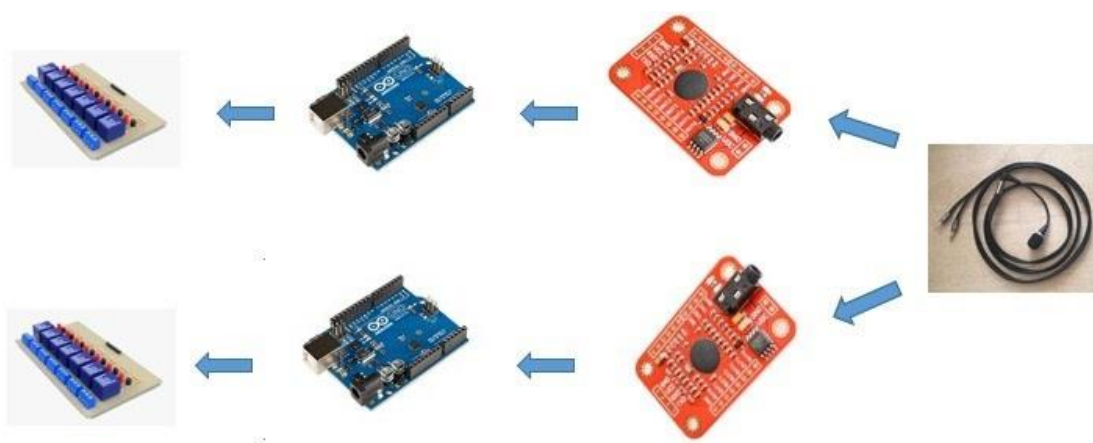
Tabla 3.2 Características Técnicas del Módulo Elechouse v3

Característica	Descripción
Voltaje	4.5-5.5 V
Consumo de Corriente	<40mA
Tamaño	31 mm x 50 mm
Precisión de reconocimiento	99%
Máx. de comandos al mismo tiempo	7 comandas de voz
Control	UART / GPIO

Características técnicas del módulo de reconocimiento de voz Elechouse v3. Elaborado por: Joffre Flores, Sebastián García

La misma señal de audio se usará para las tarjetas de reconocimiento de voz. En la Figura 3.2 se presenta la conexión de los elementos que componen el sistema. Se utilizó dos tarjetas de control Arduino UNO debido a que cada tarjeta Elechouse V3 permite el uso máximo de 7 comandos y trabaja con una función la cual no puede ser nombrada en un mismo script a la vez. Por lo cual se decidió dividir los sistemas de iluminación y confort en cada una respectivamente con el fin de llegar a los 14 comandos necesarios para el prototipo.

Figura 3.2 Arquitectura del sistema con Elechouse V3



Interconexión de los elementos del sistema. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

La señal de voz será captada por un micrófono que consta de dos terminales tipo Jack que divide la señal de audio para cada tarjeta de reconocimiento de voz, el mismo que se colocará el usuario que vaya a conducir el vehículo tal como se muestra en la Figura 3.3.

Figura 3.3 Colocación del micrófono del usuario



Puesta del micrófono al usuario. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

3.2 Diagramas de flujo del funcionamiento

En primera instancia se tiene que entrenar el prototipo para que pueda realizar las debidas comparaciones y se cargan los comandos en la memoria del procesador tal como se indica en la Figura 3.4. En caso de no tener concordancia los audios, vuelve al proceso 1 hasta captarlo de manera correcta.

Se debe aclarar que el entrenamiento del prototipo se lo realiza una sola vez y por la persona que vaya a conducir el vehículo debido a que cada persona tiene un conjunto fonético distinto.

Figura 3.4 Diagrama de flujo de entrenamiento

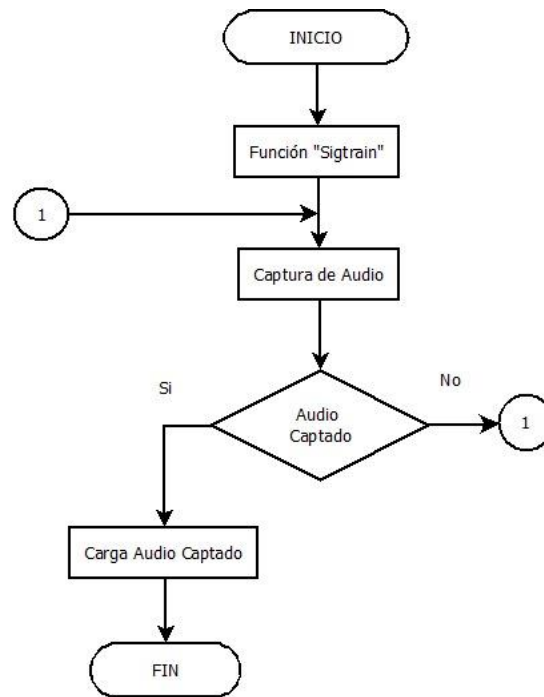


Diagrama de flujo del entrenamiento del sistema. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

En la Figura 3.5 se observa el diagrama del prototipo que controla todo el funcionamiento del sistema electrónico. Como primer punto se tiene el encendido del prototipo, suficiente para poner a trabajar todo el sistema. Luego se tiene un selector el cuál definirá el sistema que va a entrar en funcionamiento. Posteriormente se tiene un proceso en donde se va capturar la señal de voz emitida para pasar a una condición de comparación e identificación de audio, si no es identificada con alguna de las palabras regresa al proceso 1 hasta identificar el comando correcto.

Cuando el audio sea identificado de forma correcta procede a entrar dentro de una cascada de condiciones en donde se identificará una de las palabras seleccionadas para finalmente proceder a la activación de los actuadores que correspondan. Este proceso continuará hasta que el usuario apague el sistema.

Figura 3.5 Diagrama de flujo del funcionamiento

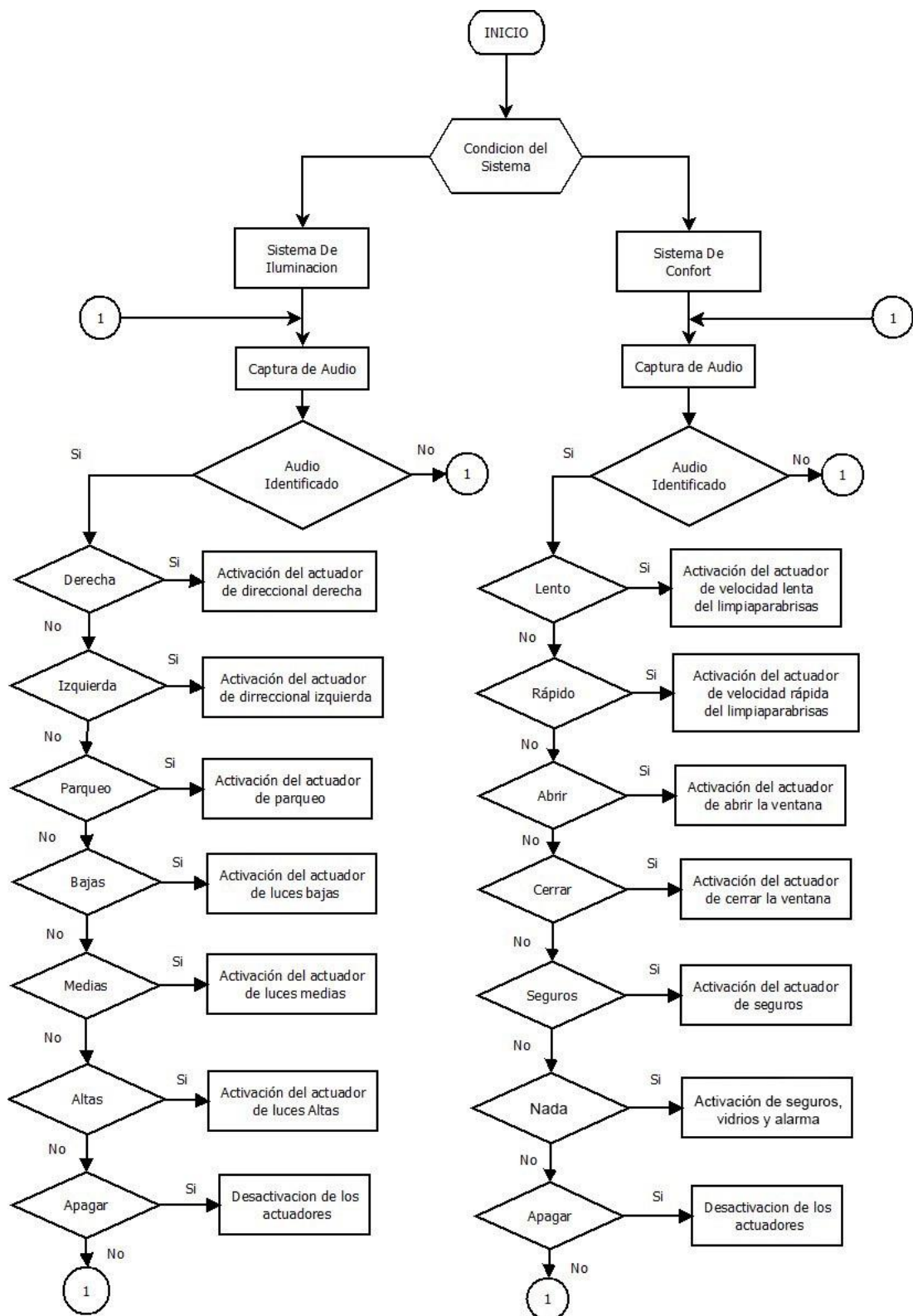


Diagrama de flujo del entrenamiento del sistema. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

3.3 Etapas del sistema

Las etapas del sistema de reconocimiento de voz buscan conseguir un proceso limpio de audio ante toda la cantidad de información que se pueda presentar al momento de la captura de la señal de voz. La posición de la lengua, los labios, la abertura de la boca y los sonidos producidos por las cuerdas vocales es un conjunto fonético para cada usuario del prototipo, ya que primero se procede al entrenamiento de las tarjetas de reconocimiento para posteriormente analizar y procesar la información, el proceso se divide en cuatro etapas y se representa en la Figura 3.6.

Figura 3.6 Etapas del sistema con Elechouse V3



Etapas que intervienen en el sistema de reconocimiento de voz. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

3.3.1 Señal de voz

En esta etapa de la señal de voz se establece el momento de la recepción de audio, la misma que se recopilará al titilar un led tomate en las dos tarjetas de reconocimiento de voz Elechouse V3. La señal de voz debe emitirse a una distancia correcta, ni muy cerca ni muy lejos. Generalmente para este proceso se usan micrófonos de condensador con el fin de tener una señal más tangible, teniendo así una grabación más segura del origen.

3.3.2 Recopilación de la información

Una vez realizada la recepción de la señal, se procede con la etapa de recopilación de la información donde se grabará las palabras o comandos claves como se indican en las Tabla 3.3 y Tabla 3.4. Cabe recalcar que el prototipo funcionará de una forma más eficaz con el usuario que realice el entrenamiento de las tarjetas de reconocimiento de voz. Por lo cual el usuario que vaya a manejar el vehículo es el que deberá realizar el entrenamiento, ya que cada persona tiene un conjunto fonético único.

Tabla 3.3 Activación de las palabras y su acción del sistema de iluminación.

Palabras grabadas del sistema de iluminación	Acción
Apagar	Desactivación de todos los actuadores del sistema de iluminación.
Derecha	Activación de las luces direccionales de la parte derecha del vehículo.
Izquierda	Activación de las luces direccionales de la parte izquierda del vehículo.
Parqueo	Activación de las luces de parqueo del vehículo.
Bajas	Activación de las luces de posición del vehículo.
Medias	Activación de las luces de cruce del vehículo.
Altas	Activación de las luces de carretera del vehículo.

Palabras grabadas del sistema de iluminación con su respectiva acción. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Tabla 3.4 Activación de las palabras y su acción del sistema de confort

Palabras grabadas del sistema de confort	Acción
Apagar	Desactivación de todos los actuadores del sistema de confort.
Lento	Activación de la velocidad lenta para el limpiaparabrisas del vehículo.
Rápido	Activación de la velocidad rápida para el limpiaparabrisas del vehículo.
Abrir	Activación de abrir la ventana del piloto del vehículo.
Cerrar	Activación de cerrar la ventana del piloto del vehículo.
Seguros	Activación y desactivación de los seguros del vehículo.
Nada	Activación de una alarma sonora, bloqueo de seguros, cierre de ventana del conductor.

Palabras grabadas del sistema de confort con su respectiva acción. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

3.3.3 Procesamiento

Con la etapa de recopilación de la información finalizada, se realizará una comparación de la señal de voz. En esta etapa se tiene la capacidad de capturar la señal emitida y almacenarla en la memoria para luego realizar una comparación con otra señal grabada con anterioridad, donde se toma en cuenta el reconocimiento de modulación, entonación y el volumen de sonidos en el entorno a utilizar.

3.3.4 Activación de actuadores

Finalmente, la última etapa culmina con la activación de las salidas digitales para posteriormente poner en funcionamiento los actuadores correspondientes. La activación de cada actuador dependerá de cual comparación sea la correcta.

3.4 Estructura del sistema

Para la creación del prototipo se diseñó un *case* donde se colocarán las placas controladoras con sus respectivas tarjetas de reconocimiento de voz, también tendrá espacios para las placas de los actuadores y finalmente una conexión del micrófono con las dos entradas de audio. En la Figura 3.7 se muestra la estructura simulada en el software Autodesk Fusion 360.

Figura 3.7 Estructura del sistema



Estructura del sistema diseñado en Autodesk Fusion 360. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

3.5 Entrenamiento de la tarjeta de reconocimiento de voz

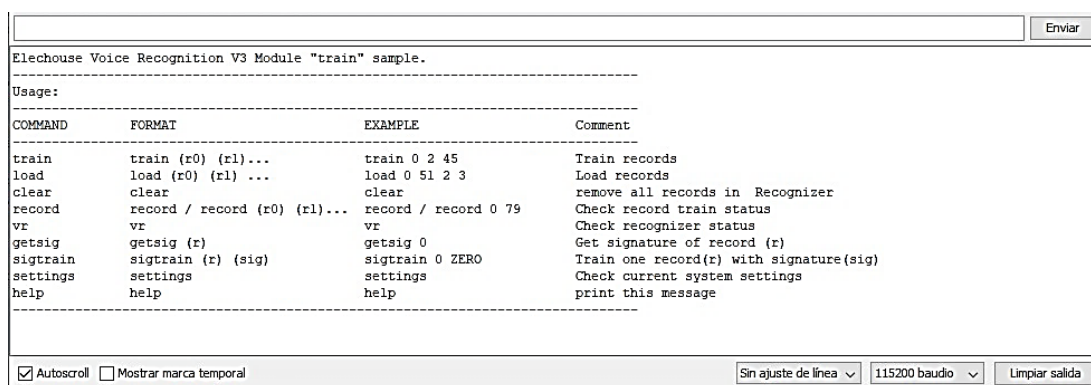
Para empezar el entrenamiento de las tarjetas de reconocimiento de voz Elechouse V3, se vocaliza el conjunto de palabras los cuales se usarán tanto para el sistema de iluminación como para el sistema de confort.

En la Tabla 3.3 y en la Tabla 3.4 se observa las palabras seleccionadas del sistema de iluminación y del sistema de confort respectivamente, estas palabras son significativas para la acción que va a realizar, pero se las puede cambiar según se adapte mejor al medio o al usuario.

Una vez seleccionadas las palabras se realiza el entrenamiento en la plataforma Arduino y con la ayuda de la librería VoiceRecognitionV3, que es la necesaria para la realización de los arreglos correspondientes para el reconocimiento de voz.

Por medio de esta librería se procedió a grabar las palabras vistas en la Tabla 3.3 y Tabla 3.4. Al momento de realizar el entrenamiento aparece una ventana en el monitor serie de la plataforma Arduino en el cual se observa las instrucciones presentes para trabajar en la tarjeta de reconocimiento, tal como se observa en la Figura 3.8.

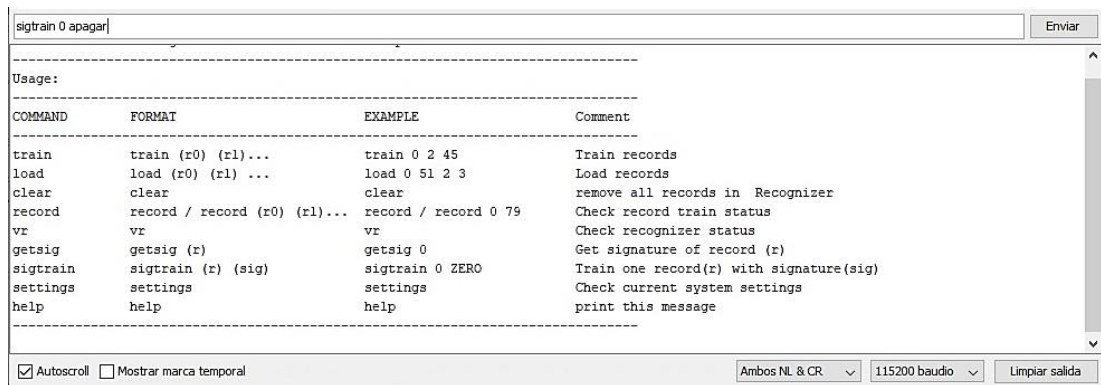
Figura 3.8 Comandos para el entrenamiento



Comandos para el entrenamiento de las tarjetas de reconocimiento de voz. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

La instrucción “sigtrain” ayuda a la grabación de las palabras seleccionadas. Se empezará por el sistema de iluminación con la palabra “apagar”. El número que se muestra después de la instrucción “sigtrain”, como se observa en la Figura 3.9, es el que representa uno de los 7 comandos que se reconocerán.

Figura 3.9 Comando “sigtrain”

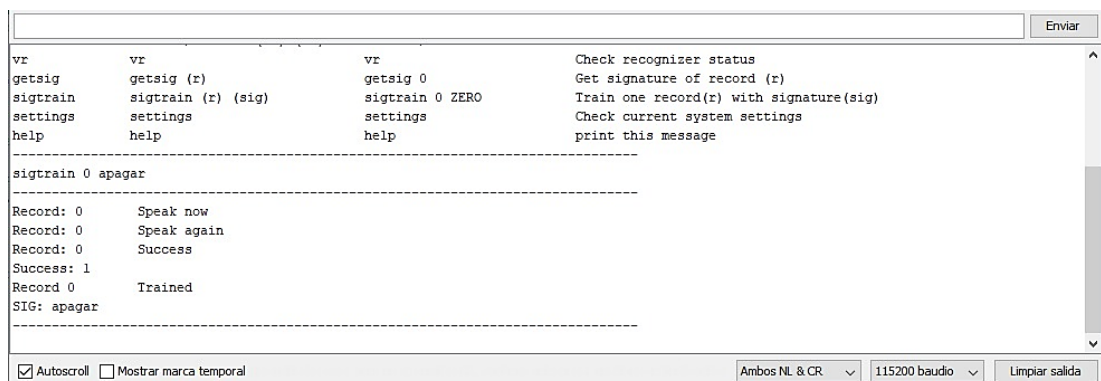


Comando “sigtrain” para la grabación de las palabras. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Al momento de ejecutar la instrucción se observa que en la tarjeta de reconocimiento comienza a titilar un led tomate continuamente, esta es la indicación para que el usuario esté listo para la grabación. Después se encenderá de manera estática un led rojo, es ahí donde se procederá a la grabación de las palabras, este proceso se realiza hasta que las palabras concuerden entre sí y se graben, esto se observa en la tarjeta de reconocimiento cuando el led tomate y rojo titilan a la misma vez. Dentro del monitor serie de Arduino también se verá reflejados estos pasos, ya que al momento de grabar aparecerán mensajes mostrando indicaciones de qué se debe hacer tal como se muestra en la Figura 3.10.

Este proceso de grabación se repetirá con todas las palabras seleccionadas tanto para el sistema de iluminación como el de confort.

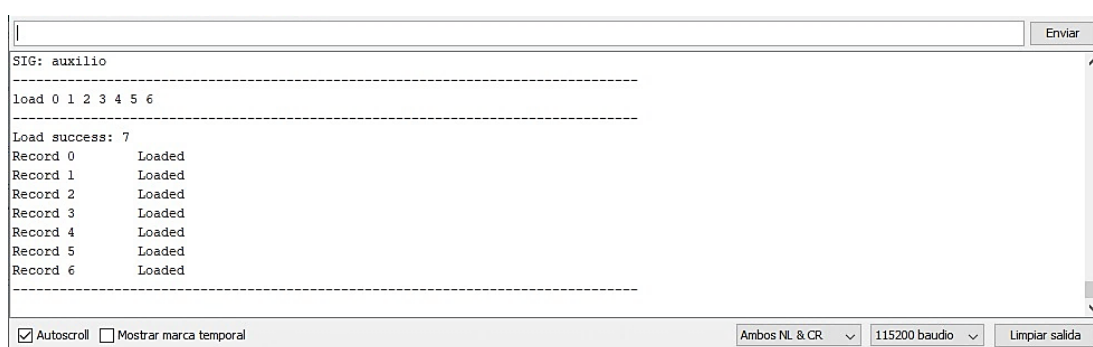
Figura 3.10 Proceso de grabación del audio



Proceso de grabación del audio para el entrenamiento. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Ahora se cargarán las palabras que se han grabado. Para ello se utilizará el comando “load”, indicándole los números de comandos que se quiera cargar, en este caso del 0 al 6 tal como se muestra en la Figura 3.11, si se graban correctamente se observará un mensaje en el monitor serial con las siete palabras grabadas. De igual forma se procederá en la otra tarjeta de reconocimiento de voz para grabar así las 14 palabras seleccionadas en el sistema electrónico.

Figura 3.11 Comando “load”



Comando “load” para cargar las palabras en la tarjeta de reconocimiento de voz. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

3.6 Cálculos y mediciones de los sistemas

Para seleccionar los materiales en la sección del diseño de las placas electrónicas se tuvo en cuenta la corriente que va a consumir cada actuador en el vehículo, para ello se utilizó un multímetro donde se verá reflejado las corrientes medidas. Así como también se realizaron los cálculos para tener en cuenta la corriente ideal de los actuadores.

3.6.1 Cálculo de corrientes

Para calcular las corrientes en las luces de posición se utilizó la Ecuación 3.1, en donde el voltaje ideal de la batería es de 12[V] y los vatios consumidos por el foco son de 5 [W], teniendo en cuenta que son 5 focos en total tanto frontales como posteriores se tiene un total de 25[W]. Finalmente, la corriente calculada tiene un valor de 2.08 [A].

$$i = \frac{P}{V} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$i = \frac{25 \text{ [w]}}{12 \text{ [v]}}$$

$$i = 2.08 \text{ [A]}$$

Para el cálculo de la corriente de las luces de cruce se utilizó la Ecuación 3.1, donde se tiene dos focos de 55 [W] obteniendo una potencia total para las luces de cruce de 110 [W] y con un valor de 12 [V] de la batería por lo cual se obtuvo una corriente de 9.16 [A]. Cabe recalcar que se manejará 0,10 [A] que es la corriente de activación del relé de las luces de cruce.

$$i = \frac{P}{V} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$i = \frac{110 \text{ [w]}}{12 \text{ [v]}}$$

$$i = 9.16 \text{ [A]}$$

En las luces de carretera la potencia que consume cada foco individual es de 60 [W] obteniendo una potencia total de 120 [W] y con el voltaje ideal de la batería de 12 [V], Se reemplazó en la Ecuación 3.1 para calcular la corriente consumida donde se obtuvo 10 [A]. Igualmente se manejará 0,11 [A] que es la corriente de activación del relé de las luces de carretera.

$$i = \frac{P}{V} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$i = \frac{120 \text{ [w]}}{12 \text{ [v]}}$$

$$i = 10 \text{ [A]}$$

Las luces de emergencia en el vehículo ocupan 6 focos de 5 [W], en donde se tiene una potencia total de 30 [W]. Para las luces direccionales tanto para izquierda como para derecha se ocupan solo 3 focos de 5 [W] dando una potencia total de 15 [W]. Estas potencias junto con el voltaje de 12 [V] de la batería se reemplazaron en la

Ecuación 3.1 donde se obtuvo para las luces de emergencia una corriente de 2.5 [A] y para las luces direccionales una corriente de 1.25 [A]

$$i = \frac{P}{V} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$i = \frac{30 \text{ [w]}}{12 \text{ [v]}}$$

$$i = 2.5 \text{ [A]}$$

$$i = \frac{P}{V} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$i = \frac{15 \text{ [w]}}{12 \text{ [v]}}$$

$$i = 1.25 \text{ [A]}$$

3.6.2 Medición de corrientes

Se procedió a realizar las respectivas mediciones de los actuadores tanto del sistema de iluminación como el de confort del vehículo. Tal como se observa de la Figura 3.12 a la Figura 3.19.

Figura 3.12 Medición de corriente de luces direccionales.



Toma de medición de las luces direccionales. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 3.13 Medición de corriente de luz de posición



Toma de medición para las luces de posición. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 3.14 Medición de corriente de luz de cruce



Toma de medición para las luces de cruce. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 3.15 Medición de corriente de luz de carretera



Toma de medición para las luces de carretera. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 3.16 Medición de corriente del elevallunas



Toma de medición para el elevallunas del lado del conductor. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 3.17 Medición de corriente de bloqueo central.



Toma de medición para el sistema del bloqueo central. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 3.18 Medición de corriente de la alarma



Toma de medición para la alarma del vehículo. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 3.19 Medición de corriente de limpiaparabrisas

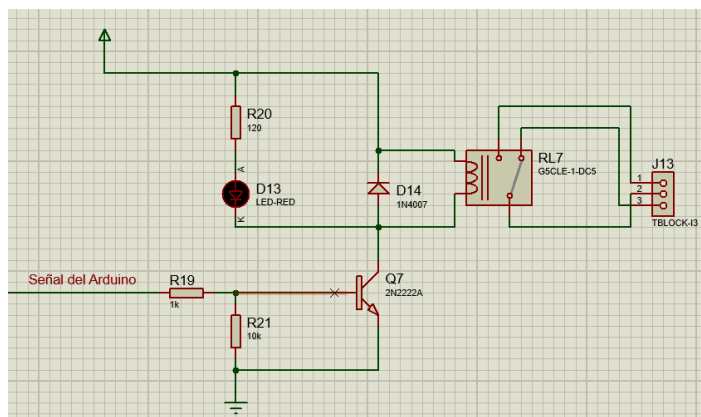


Toma de medición para los limpiaparabrisas delanteros. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

3.7 Diseño y realización de las placas

Para el diseño de las placas de control se utilizó el programa Proteus 8.6. Con la opción de ISIS, se realizó las debidas simulaciones de las etapas de potencia del circuito, tal como se muestra en las Figura 3.20, así como también se realizó el diseño de las placas de control con la opción de ARES.

Figura 3.20 Circuito de Potencia



Circuito de potencia de las placas. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Para la etapa de potencia se colocó un relé de 5V a 10A con una impedancia de bobina de 70 ohms según el datasheet y con un diodo en paralelo para que no exista una

bifurcación de corriente hacia la etapa de control. También se tiene un transistor NPN con su respectiva resistencia limitadora de base que enciende el circuito de potencia y una resistencia pull down para mantener 0V cuando no exista tensión de salida del microcontrolador, estas resistencias se calcularon según las siguientes ecuaciones. Así como también se tiene diodos led para indicar el estado de cada relé, si está encendido o apagado.

$$I_B = \frac{I_C}{hFE} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

$$I_{R2} = \frac{I_B}{10} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

$$R_2 = \frac{V_{BE}}{I_{R2}} \quad \text{Ec. (3.4)}$$

$$I_{R1} = I_B + I_{R2} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

$$R_2 = \frac{V_{MCU} - V_{BE}}{I_{R1}} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

La corriente de base que necesita el transistor para la activación se la calcula con una relación entre la corriente del colector I_C y la ganancia hFE según la Ecuación 3.2. Donde la I_C es el valor de la corriente que consume la bobina del relé que se utilizará, que es de 80 mA y la ganancia hFE viene dada del datasheet del transistor BJT, que es de 100. Dando un valor de I_B de 0.8 mA.

Para calcular I_{R2} se utilizó la Ecuación 3.3. Donde se sabe que por la configuración de emisor común es 10 veces menor que I_B . Obteniendo un valor de 80 uA.

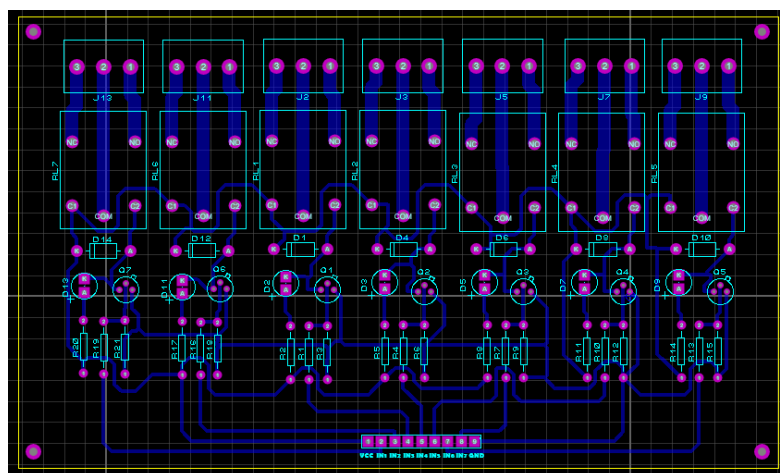
Según la ley de ohm en la Ecuación 3.4 la resistencia R2 vendría dada de la relación entre el voltaje base-emisor que se sabe que es de 0.7V según el datasheet y la I_{R2} . Se estima que la resistencia R2 es de 8.75 kohms.

Para calcular la I_{R1} se suma la corriente de base más la corriente de la resistencia R2 como se indica en la Ecuación 3.5, dando un valor de 0.88 mA.

Y finalmente para calcular el valor de la resistencia limitadora se la calcula por medio de la ley de ohm según la ecuación 3.6. Se tiene una tensión de control y la corriente en la resistencia R1, dando un valor de 4.88 kohms.

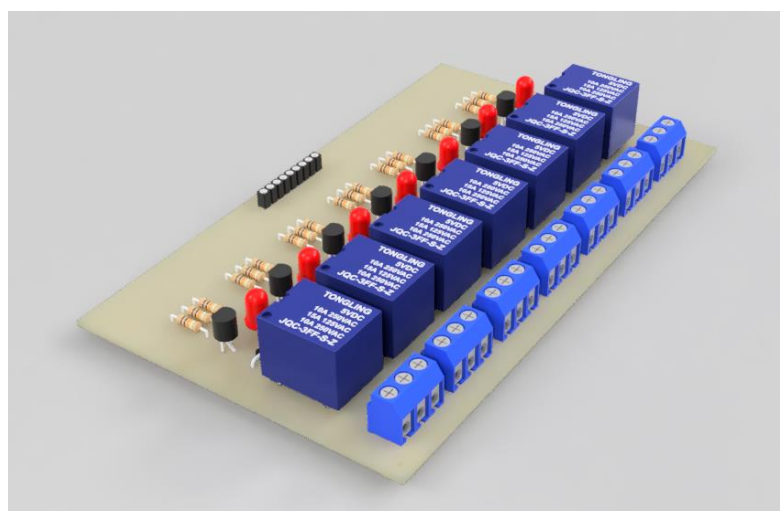
Una vez comprobado el funcionamiento mediante la simulación en tiempo real se realizó el diseño de las placas PCB acomodando los elementos electrónicos para que quedaran de la manera más óptima. El resultado se muestra en la Figura 3.21. En la Figura 3.22 se muestra el diseño de la placa en 3D para posteriormente exportarlo y realizar un case donde irá todo el sistema de control.

Figura 3.21 Diseño de la placa PCB



Diseño de la placa PCB. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

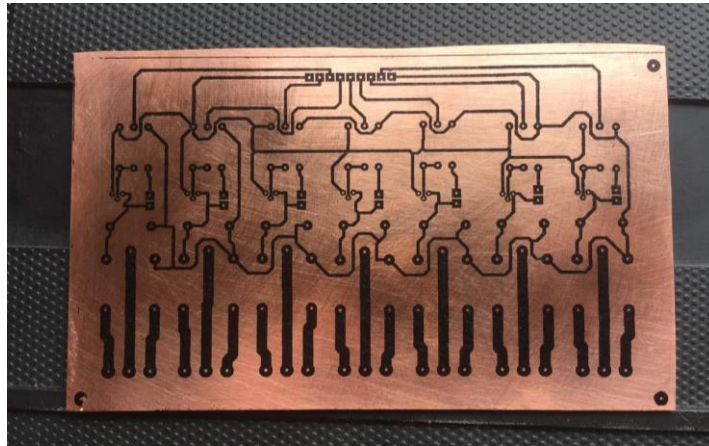
Figura 3.22 Diseño de la placa en 3D



Diseño de la placa en 3D. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Luego de diseñar las placas PCB en el software Proteus se procedió a la elaboración de estas. Como primer punto se imprimió en un papel de transferencia térmica para luego planchar las pistas en las placas de cobre dando como resultado lo que se muestra en la Figura 3.23.

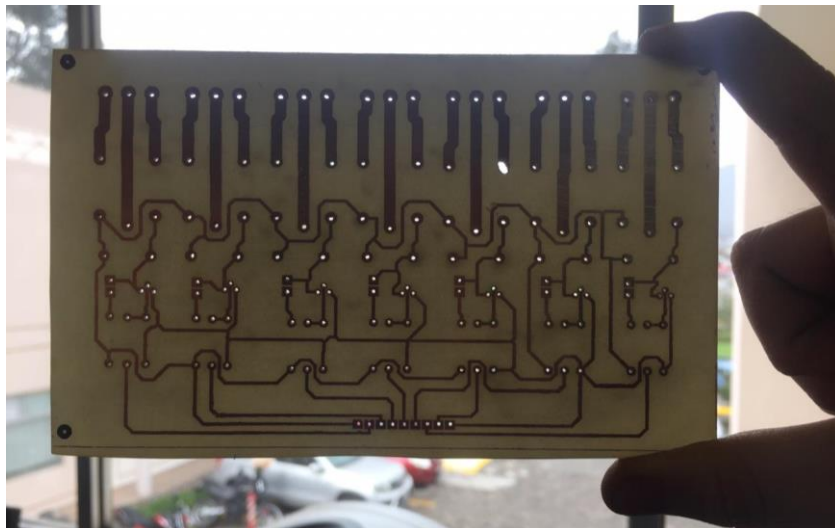
Figura 3.23 Pistas planchadas



Pistas planchas a la placa de cobre. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Luego de pasar la tinta a la placa de cobre, se preparó una mezcla de cloruro férrico con agua para sumergir la placa y así desprender el cobre sobrante, también se realizaron los agujeros para colocar los elementos electrónicos como se muestra en la Figura 3.24.

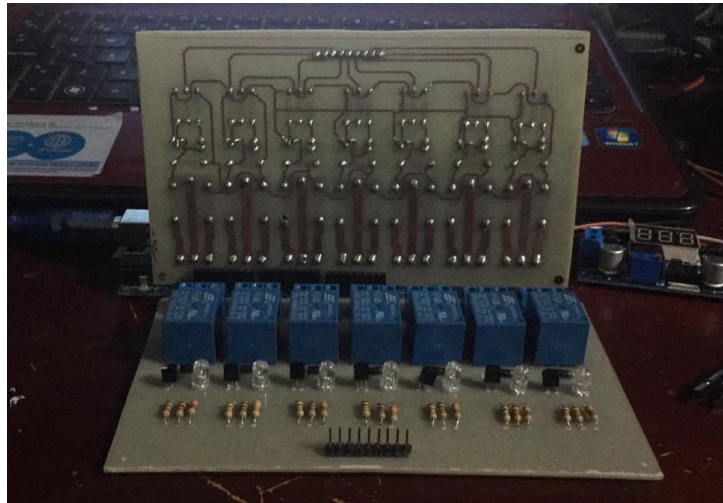
Figura 3.24 Placa quemada y perforada



Placa quemada y perforada. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Una vez colocado y soldado los elementos electrónicos se realizaron pruebas de funcionamiento para conocer el estado del sistema. Una vez comprobado el correcto funcionamiento, se tiene como resultado las placas que se muestran en la Figura 3.25.

Figura 3.25 Placas de Control Finalizadas



Placas Finalizadas. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

3.8 Implementación del sistema electrónico en el vehículo.

Una vez colocado todas las placas electrónicas dentro del *case* como se indica en la Figura 3.26. Se procedió al desmontaje del volante y de la puerta del lado del conductor para poder llegar a los terminales de los mandos mecánicos donde se realizó la conexión en paralelo del prototipo electrónico tal como se observa en las Figuras 3.27 y Figura 3.28.

Figura 3.26 Prototipo final montado en el vehículo.



Prototipo final ensamblado. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 3.27 Desmontaje del vehículo para la instalación del prototipo.



Desmontaje del volante para conectar los terminales a los respectivos bornes de conexión. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 3.28 Desmontaje del vehículo para conexión de elevallunas eléctrico.

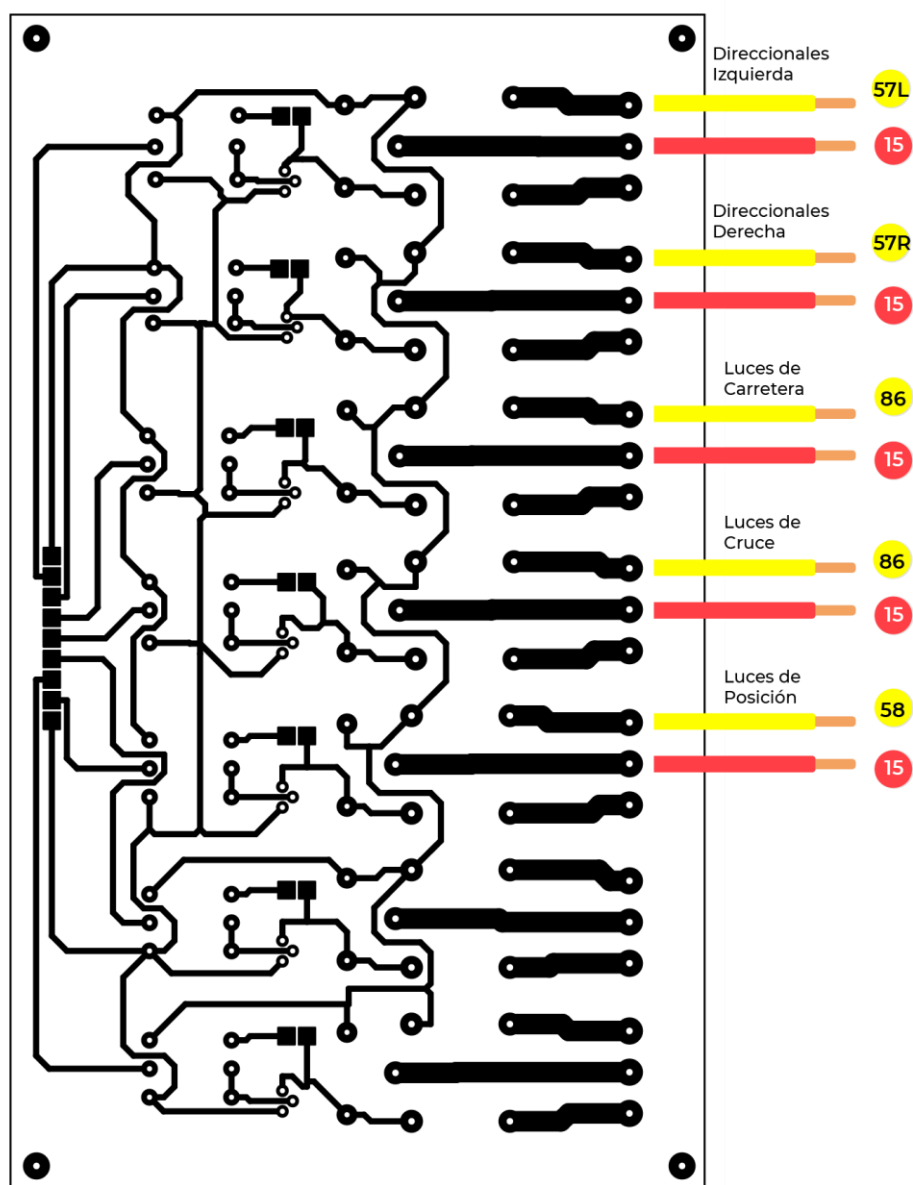


Desmontaje de la puerta del conductor para adaptación del prototipo al elevallunas. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Para la instalación de este prototipo electrónico en el vehículo con el Elechouse V3 se debe seguir los siguientes diagramas de conexión eléctricos siguiendo la nomenclatura

especificada en la norma DIN75552 que es utilizada para denominar los bornes de los mecanismos eléctricos del vehículo, estos se indican en la Figura 3.29 para el sistema de iluminación y en la Figura 3.33 para el sistema de confort.

Figura 3.29 Conexiones de la placa de los actuadores del sistema de iluminación hacia las borneras del vehículo.



Conexión de la placa de los actuadores hacia las borneras del vehículo. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Para la conexión del prototipo a las luces de posición del vehículo se conecta directo al borne 58 y al borne 15 del vehículo, tal como se muestra en la Figura 3.30.

Figura 3.30 Diagrama eléctrico de luces de posición.

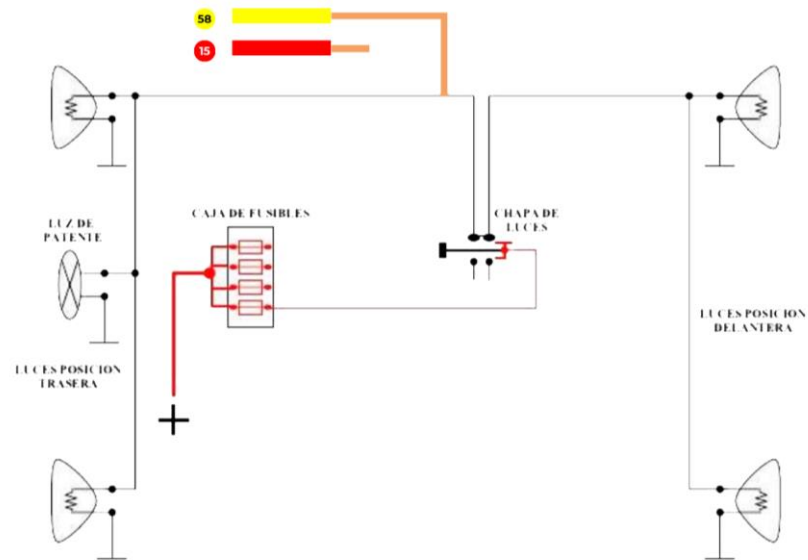


Diagrama eléctrico para conexión del prototipo a las luces de posición. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Para la conexión del prototipo a las luces de carretera del vehículo se conectó al borne 86 perteneciente a la bobina de activación del relé de luz de carretera y al borne 15 del vehículo. Así mismo para conectar las luces de cruce se conectó al borne 86 que es la bobina de activación del relé de luz de cruce y al borne 15 del vehículo que es positivo.

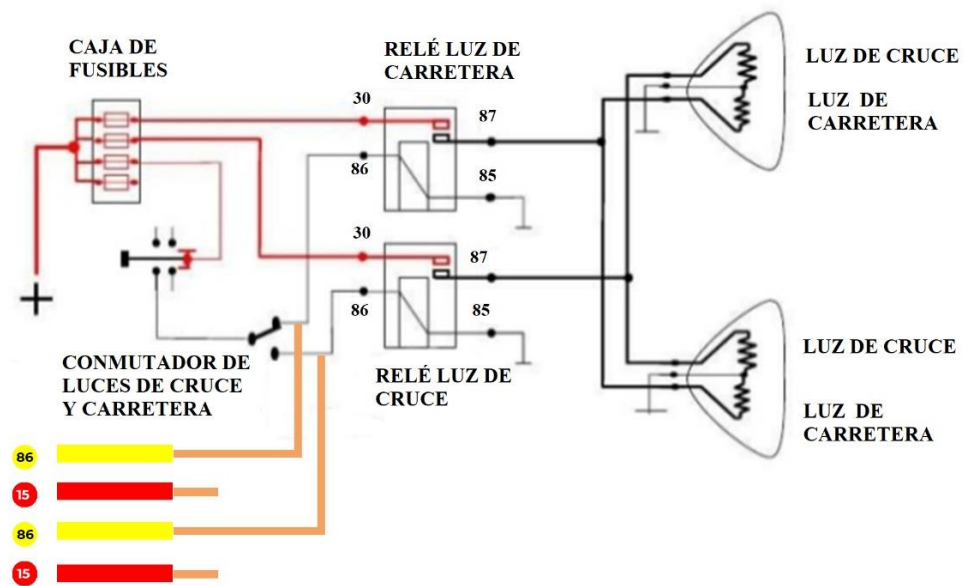


Diagrama eléctrico para conexión del prototipo a las luces de cruce y carretera. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Para la conexión de la luz direccional derecha del prototipo se conectó al borne 57R del vehículo y al borne positivo 15. De igual manera se conectó la luz direccional izquierda del prototipo al borne 57L del vehículo y al borne positivo 15. Y para finalizar la conexión de las luces de parqueo se hace la conmutación de la luz direccional derecha y de la luz direccional izquierda al mismo tiempo para generar la intermitencia de las luces delanteras y traseras.

Figura 3.32 Diagrama eléctrico de luces direccionales

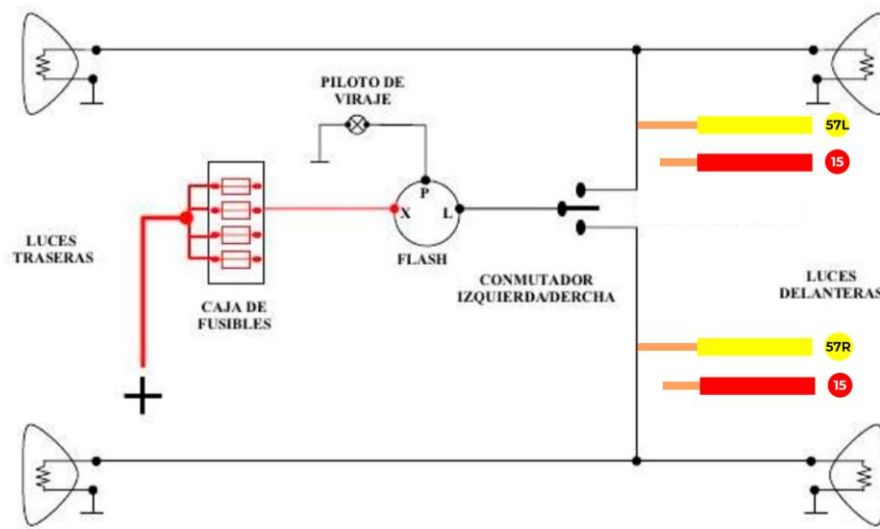
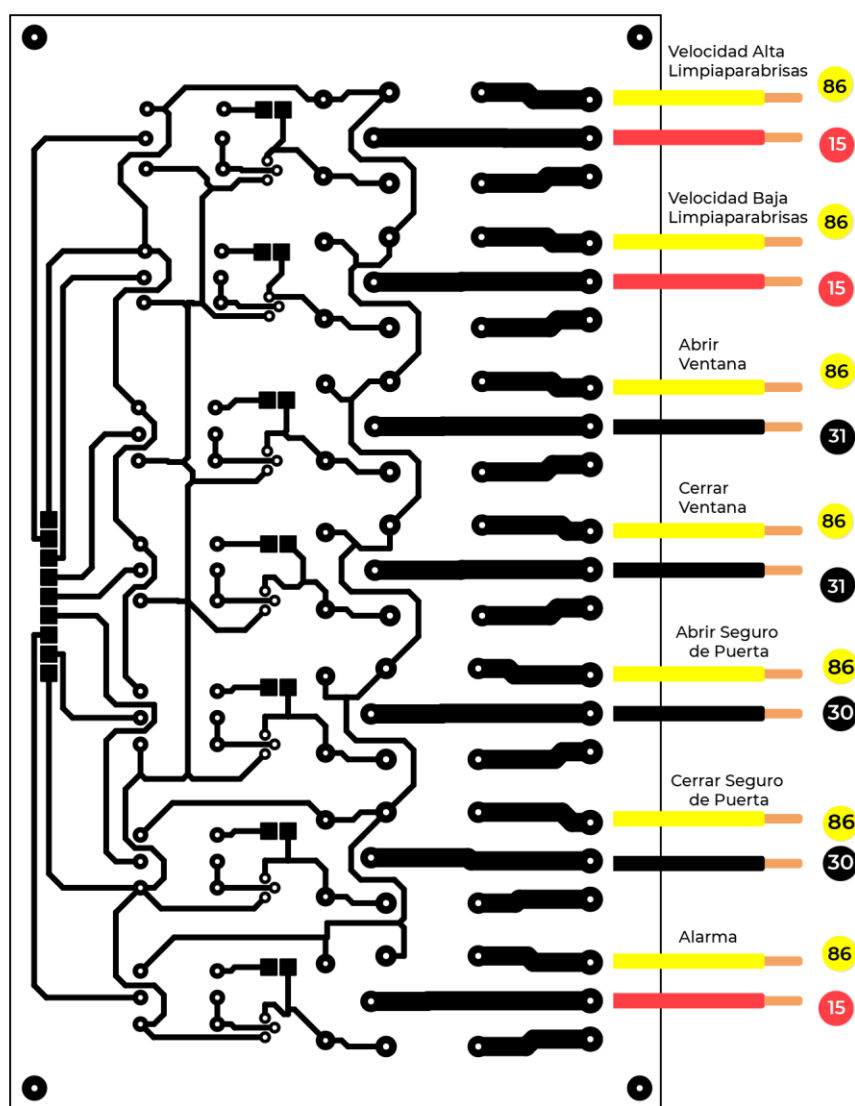


Diagrama eléctrico para conexión del prototipo a las luces direccionales. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 3.33 Conexión de la placa de los actuadores del sistema de confort hacia las borneras del vehículo



Conexión de la placa de los actuadores hacia las borneras del vehículo. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

En el sistema de confort del vehículo se empezó las conexiones por la velocidad alta y baja del limpiaparabrisas. El prototipo se acopló al borne 86 del relé de velocidad alta y al borne 15 del vehículo, así mismo se acopló el prototipo al borne 86 del relé de velocidad baja y al borne 15 del vehículo que es positivo.

Figura 3.34 Diagrama eléctrico de limpiaparabrisas delantero

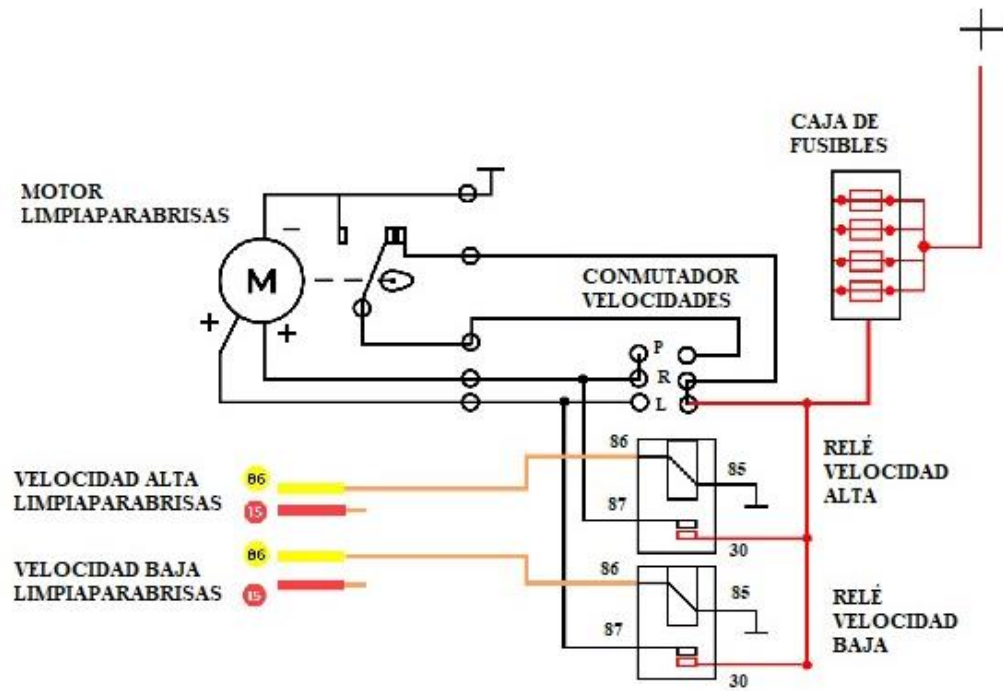


Diagrama eléctrico para conexión del prototipo a limpiaparabrisas delantero. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Para la implementación del prototipo al elevavinas del lado del conductor se colocaron dos relés para la inversión de giro del motor, teniendo así el mecanismo para subir y bajar el vidrio. Las señales de control del prototipo para subir y bajar el vidrio se conectaron al borne 86 de cada relé. Por motivos de confort para las personas con discapacidad debido a que ellos no tienen mucha movilidad se optó por colocarlo solo en la ventana del conductor.

Figura 3.35 Diagrama eléctrico de elevallunas del conductor

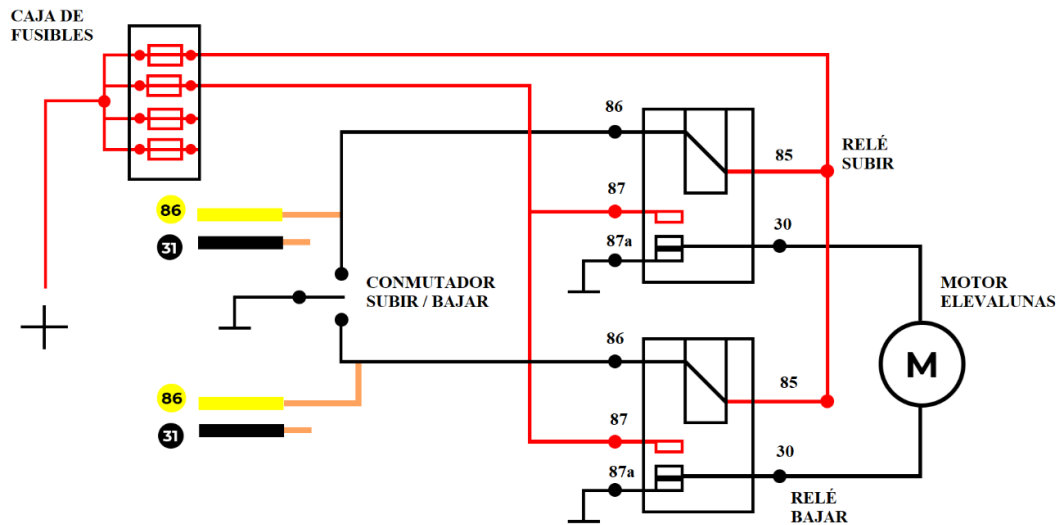


Diagrama eléctrico para conexión del prototipo a elevallunas del lado del conductor. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

En el diagrama del cierre centralizado del vehículo se procedió a realizar las conexiones del prototipo al cable de color café para abrir los seguros y al cable de color blanco para cerrar los seguros. Esta señal activará y desactivará los seguros de las cuatro puertas del vehículo simultáneamente.

Figura 3.36 Diagrama eléctrico del bloqueo central

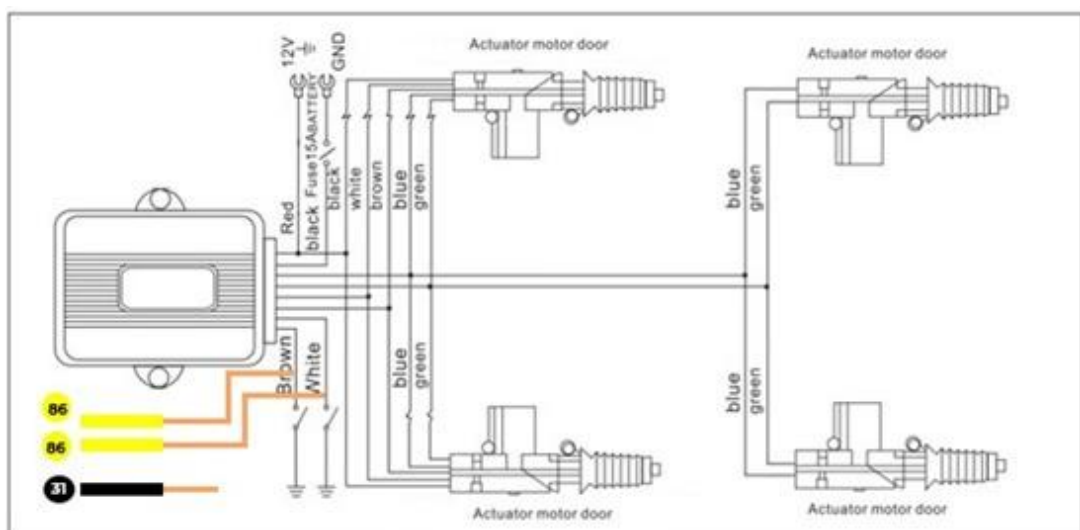


Diagrama eléctrico para conexión del prototipo a bloqueo central del vehículo. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Para finalizar las conexiones del prototipo se conectó la señal de “auxilio” al sistema de activación de la alarma que es el borne 86 del relé, esta señal activará la alarma sonora que tiene incorporado el vehículo y a su vez también cerrará el vidrio del conductor y finalmente se bloquearán los seguros de las puertas para así poder evitar cualquier intento de robo.

Figura 3.37 Diagrama eléctrico de la alarma vehicular.

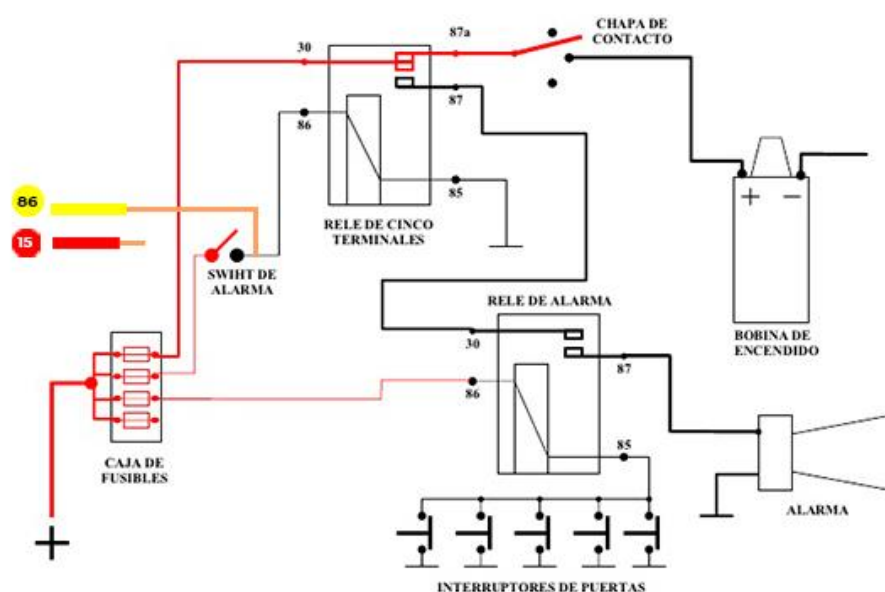


Diagrama eléctrico para conexión del prototipo a alarma del vehículo. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se analiza los datos obtenidos de las pruebas del prototipo del sistema de iluminación y confort. Para ello se simuló diferentes situaciones en la vida cotidiana del conductor, como lo son: interferencias exteriores e interferencias interiores. Se ponderaron los datos obtenidos para tener una idea de aceptación y validación del prototipo. Las pruebas se realizaron en un vehículo con el prototipo final ya adaptó al vehículo como se indica en la Figura 4.1.

Para las pruebas se tomó en cuenta que según la Organización Mundial de la Salud el oído humano puede tolerar los 55 decibeles sin que se vea afectada su salud. El máximo rango que soporta es de los 91 a los 110 decibeles donde no es recomendable operar ya que genera afecciones físicas.

Para saber el tamaño de la muestra “n” se aplicó la Ecuación 4.1 conociendo el tamaño de la población “N” que para este caso serían todas las personas discapacitadas presentes en Ecuador con permiso de conducción que son según la CONADIS un total de 1376 personas, un nivel de confianza “Z” del 95% que es el grado de certeza para la estimación del parámetro a encontrar, una probabilidad de éxito “P” esperada del 99% en condiciones óptimas, una probabilidad de fracaso “Q” del 1% y una precisión “D” del 0,2%. Reflejando un total de 22 muestras que se debe tener por cada comando.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times P \times Q}{D^2 \times (N - 1) + Z^2 \times P \times Q} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

$$n = \frac{1376 \times 0.95^2 \times 0.99 \times 0.01}{0.02^2 \times (1376 - 1) + 0.95^2 \times 0.99 \times 0.01}$$

$$n = 22$$

Figura 4.1 Vehículo adaptado con el prototipo.

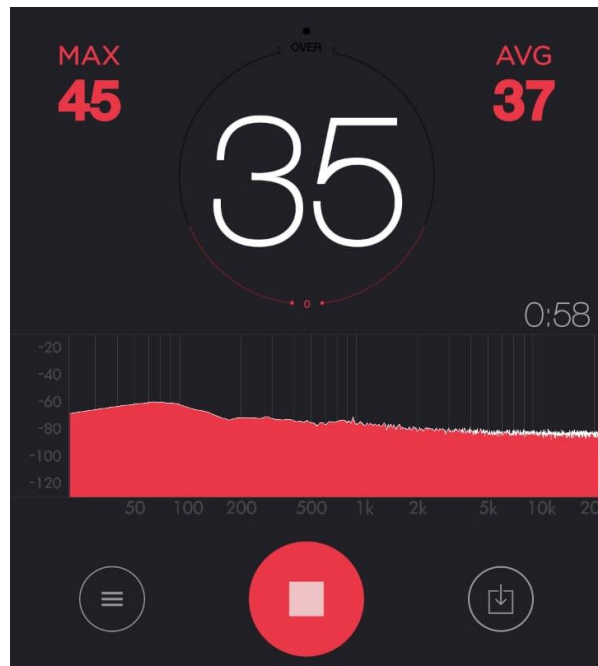


Vehículo adaptado con el prototipo final. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

4.1 Pruebas sin interferencias exteriores e interiores

En este apartado se realizaron las primeras pruebas dentro del habitáculo del vehículo con un ambiente controlado donde no existían interferencias externas e internas, es decir, vidrios cerrados, el motor y la radio apagados. Con la ayuda de un sonómetro se supo que el ambiente sonoro al que se encontraba fue de un rango entre 30 y 45 decibeles, con un promedio de 37 decibeles, como se muestra en la Figura 4.2

Figura 4.2 Ruido medido por el sonómetro en el vehículo sin interferencias



Ruido medido por el sonómetro en el vehículo sin interferencias. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Se empezó las pruebas por el sistema de iluminación con los comandos enlistados en la Tabla 3.1. Se tomaron 22 muestras de cada uno para saber cuántas veces el sistema acierta en el reconocimiento de voz. En la Tabla 4.1 se observa que, en un ambiente controlado sin interferencias, los comandos de voz aciertan en casi todas las muestras que se realizaron; lo cual indica que el sistema funciona de una manera correcta.

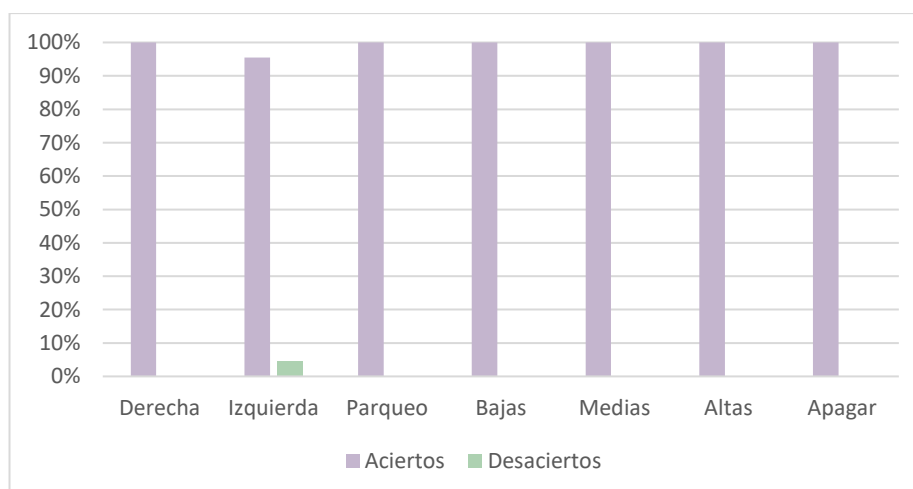
Tabla 4.1 Muestras tomadas sin interferencias exteriores e interiores con los comandos de sistema de iluminación.

COMANDO	MUESTRAS	ACIERTO	DESACIERTO
Derecha	22	22	0
Izquierda	22	21	1
Parqueo	22	22	0
Bajas	22	22	0
Medias	22	22	0
Altas	22	22	0
Apagar	22	22	0

Muestras tomadas sin interferencias exteriores e interiores con los comandos de sistema de iluminación. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Con base a los a los datos de la Tabla 4.1 se realizó gráficas estadísticas, como se muestra en la Figura 4.3, donde se observa que en un ambiente controlado sin interferencias el sistema de control para las luces del vehículo funciona con una eficiencia del 99,35%.

Figura 4.3 Datos estadísticos de los comandos sin interferencias exteriores e interiores del sistema de iluminación.



Datos estadísticos de los comandos sin interferencias exteriores e interiores del sistema de iluminación. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

También se realizaron las pruebas para el sistema de confort, así mismo se tomaron 22 muestras de cada comando para saber el porcentaje de eficiencia que tiene el sistema, los mismos que fueron tabulados en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Muestras tomadas sin interferencias exteriores e interiores con los comandos de sistema de confort

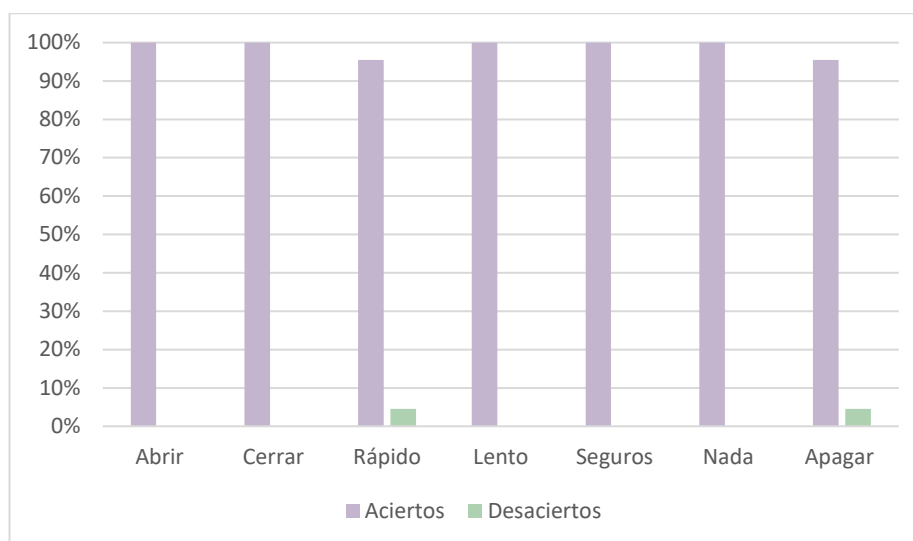
COMANDO	MUESTRAS	ACIERTO	DESACIERTO
Abrir	22	22	0
Cerrar	22	22	0
Rápido	22	21	1
Lento	22	22	0
Seguros	22	22	0
Nada	22	22	0
Apagar	22	21	1

Muestras tomadas sin interferencias exteriores e interiores con los comandos de sistema de confort.

Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Se realizaron las respectivas gráficas estadísticas como se observa en la Figura 4.4 para saber el porcentaje de eficiencia, teniendo un valor del 98,70% para el sistema de confort.

Figura 4.4 Datos estadísticos de los comandos sin interferencias exteriores e interiores del sistema de confort.



Datos estadísticos de los comandos sin interferencias exteriores e interiores del sistema de confort.

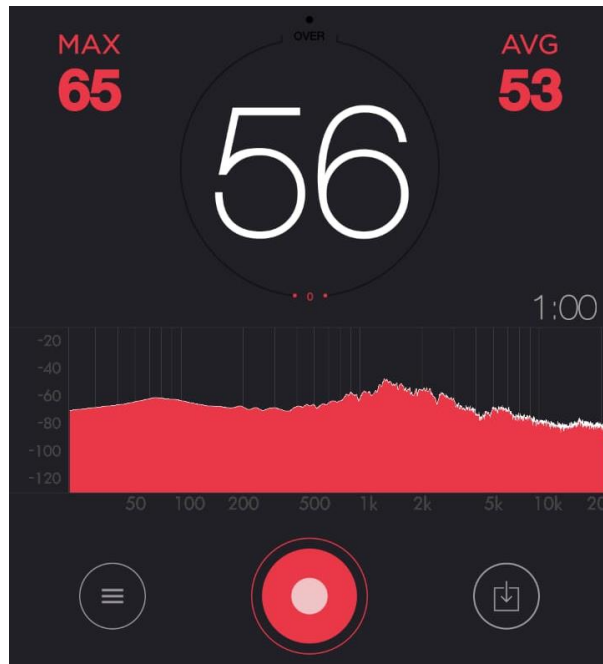
Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Se calculó la eficiencia total de todo el sistema con los valores de eficiencia de los sistemas de iluminación y confort teniendo un valor del 99,02%.

4.2 Pruebas con interferencias interiores

Para este apartado se realizaron las pruebas dentro del habitáculo del vehículo con distintas interferencias interiores. Se encendió el motor del vehículo y se sintonizó la radio en un volumen moderado. En estas pruebas todavía se tenían los vidrios cerrados. Con la ayuda del sonómetro se registró un ambiente sonoro con un rango de 52-65 decibeles y con un promedio de 53 decibeles, el cual se observa en la Figura 4.5.

Figura 4.5 Ruido medido por el sonómetro en el vehículo con interferencias interiores



Ruido medido por el sonómetro en el vehículo con interferencias interiores. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Se hizo las pruebas empezando con los sistemas de iluminación y se tabularon los resultados como se muestra en la Tabla 4.3. Aquí se analiza que con una interferencia interior el sistema funciona con una eficiencia del 89,61%. De igual manera se realizó las gráficas estadísticas que se muestra en la Figura 4.6.

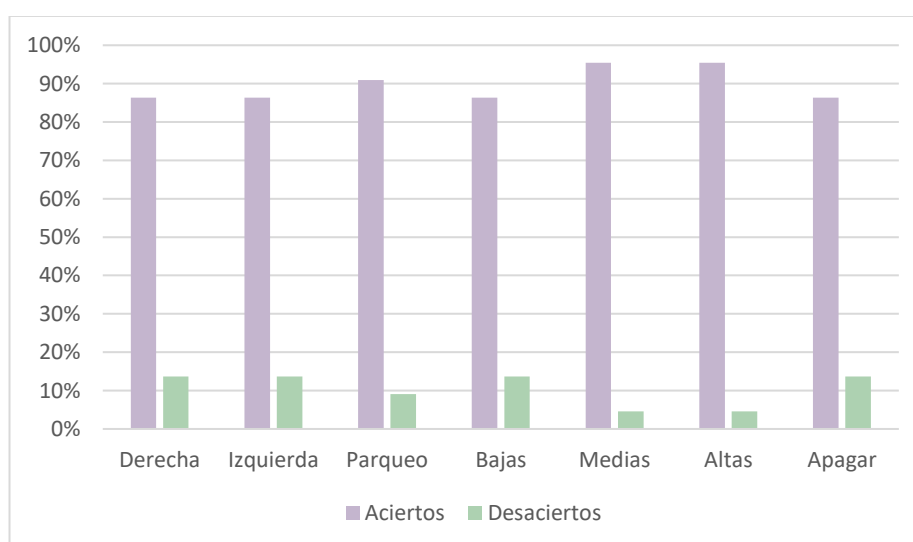
Tabla 4.3 Muestras tomadas con interferencias interiores de los comandos del sistema de iluminación

COMANDO	MUESTRAS	ACIERTO	DESACIERTO
Derecha	22	19	3
Izquierda	22	19	3
Parqueo	22	20	2
Bajas	22	19	3
Medias	22	21	1
Altas	22	21	1
Apagar	22	19	3

Muestras tomadas con interferencias interiores de los comandos del sistema de iluminación.

Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 4.6 Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores del sistema de iluminación.



Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores del sistema de iluminación. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Para el sistema de confort se realizó el mismo número de muestras para cada comando, tal como se muestra en la Tabla 4.4. En este caso el sistema tuvo una eficiencia del

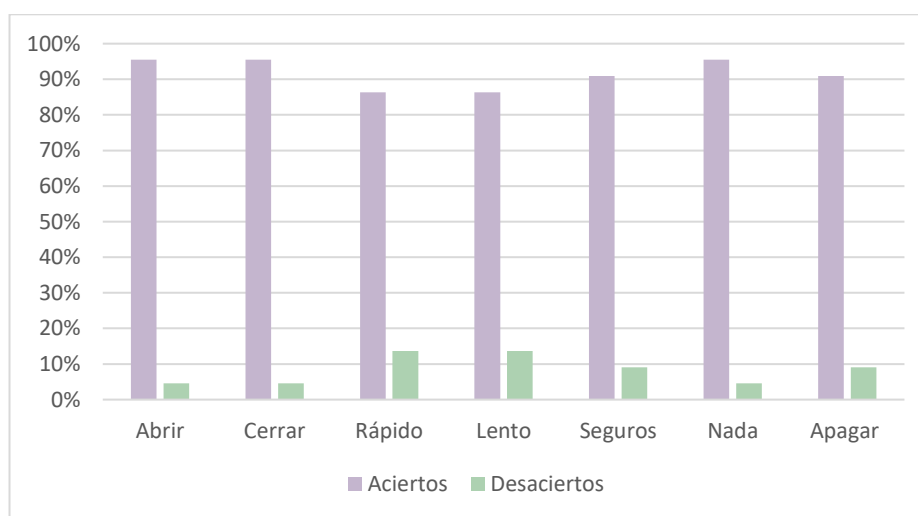
91,55%. Aquí se redujo la eficiencia del sistema ya que el micrófono es propenso a captar los sonidos emitidos por el entorno que lo rodea y dando como resultado que la tarjeta no reconozca bien los comandos de voz. Los valores estadísticos se graficaron en la Figura 4.7.

Tabla 4.4 Muestras tomadas con interferencias interiores de los comandos del sistema de confort.

COMANDO	MUESTRAS	ACIERTO	DESACIERTO
Abrir	22	21	1
Cerrar	22	21	1
Rápido	22	19	3
Lento	22	19	3
Seguros	22	20	2
Nada	22	21	1
Apagar	22	20	2

Muestras tomadas con interferencias interiores de los comandos del sistema de confort. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 4.7 Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores del sistema de confort.



Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores del sistema de confort. Elaborado por Joffre Flores y Sebastián García

Se calculó la eficiencia total de todo el sistema con los valores de eficiencia de los sistemas de iluminación y confort teniendo un valor del 90,58%

4.3 Pruebas con interferencias exteriores e interiores

Para estas pruebas lo que se realizó fue tener las mismas interferencias interiores dentro del habitáculo del vehículo como lo son el motor y la radio encendidos, lo que se incrementó fue las ventanas del vehículo abiertas, dejando así entrar las perturbaciones exteriores de la Av. Ajaví como se muestra en la Figura 4.9.

En estas pruebas se puso el vehículo en marcha, para ello se eligió una calle con un flujo vehicular y tráfico moderado. Esta prueba se realizó en la Avenida Ajaví según los datos proporcionados por Google Maps que se muestra en la Figura 4.8. También se midió con el sonómetro cuanto ruido ambiental se tenía y se obtuvo un rango de 58 a 84 decibeles con un promedio de 66 decibeles, tal como se muestra en la Figura 4.10.

Figura 4.8 Imagen del tránsito de la Av. Ajaví

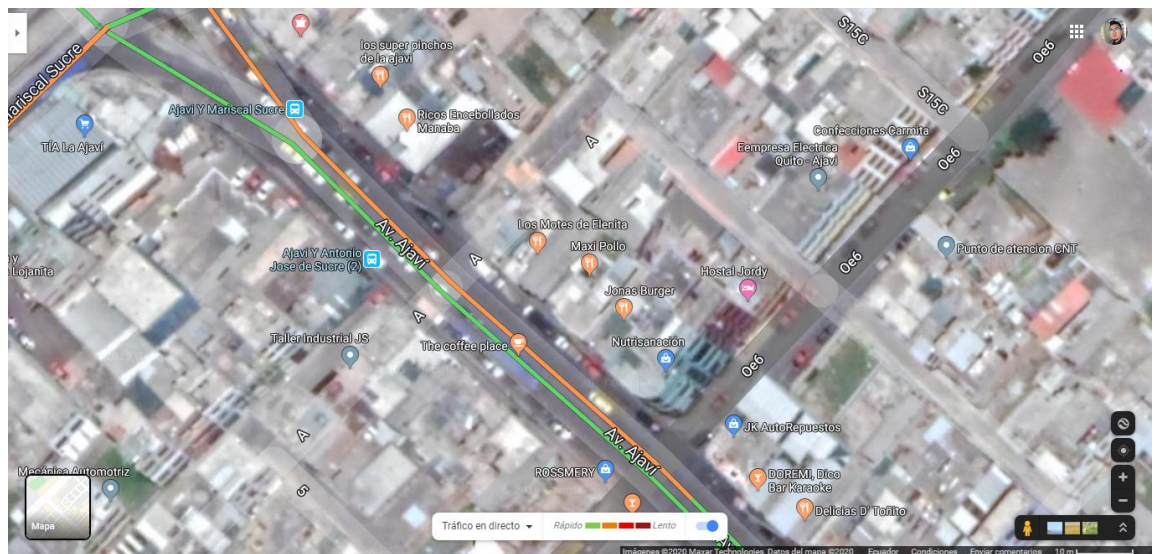


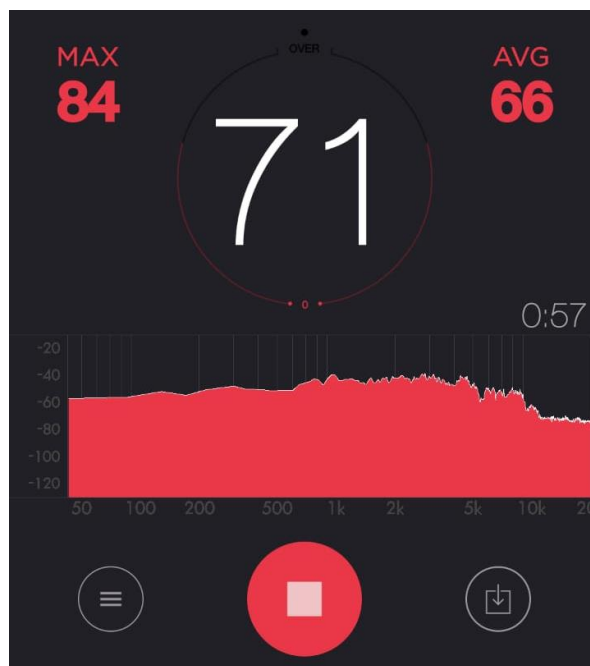
Imagen del tránsito de la av. Ajaví. Obtenida de: Google Maps

Figura 4.9 Fotografía del tránsito de la av. Ajaví al momento de las pruebas



Fotografía del tránsito de la av. Ajaví al momento de las pruebas. Elaborada por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 4.10 Ruido medido por el sonómetro en el vehículo con interferencias interiores y exteriores



Ruido medido por el sonómetro en el vehículo con interferencias interiores y exteriores. Elaborada por Joffre Flores y Sebastián García

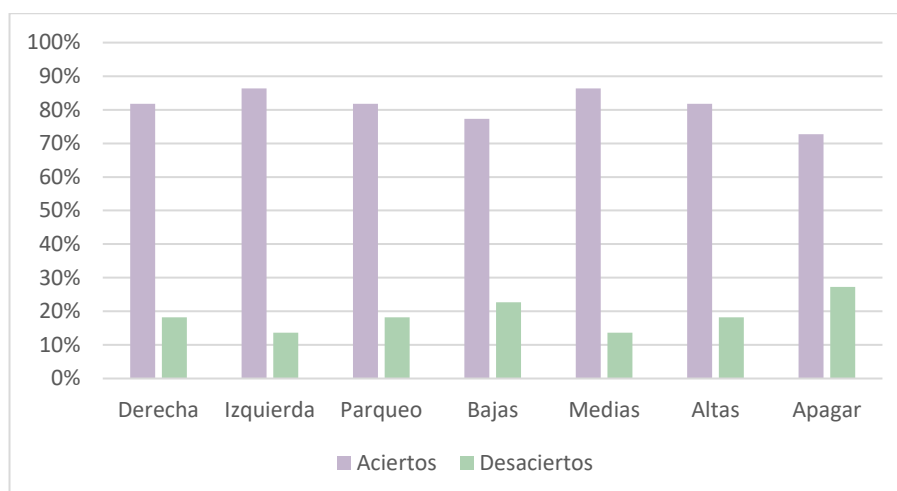
Se tomaron las muestras para el sistema de iluminación con un tráfico moderado, dando como resultado lo que se indica en la Tabla 4.5. Se graficaron los valores tomados como se ve en la Figura 4.11. Al incrementar las interferencias externas del ambiente se genera más decibeles dentro del habitáculo del conductor esto produce que el sistema no capte de la mejor manera los comandos de voz, teniendo en este caso un 81,16% de eficiencia del sistema.

Tabla 4.5 Muestras tomadas con interferencias interiores y exteriores de los comandos del sistema de iluminación

COMANDO	MUESTRAS	ACIERTO	DESACIERTO
Derecha	22	18	4
Izquierda	22	19	3
Parqueo	22	18	4
Bajas	22	17	5
Medias	22	19	3
Altas	22	18	4
Apagar	22	16	6

Muestras tomadas con interferencias interiores y exteriores de los comandos del sistema de iluminación. Elaborada por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 4.11 Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores y exteriores del sistema de iluminación.



Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores y exteriores del sistema de iluminación. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

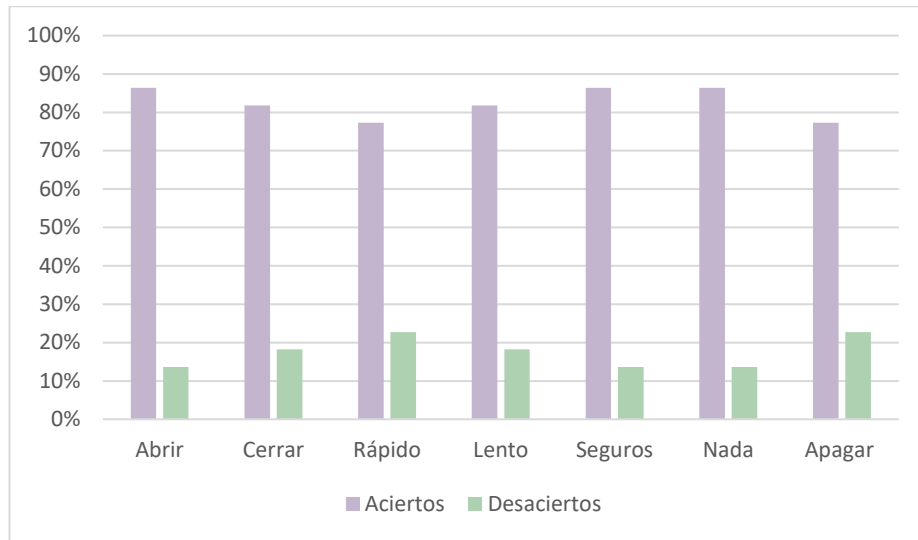
Finalmente se tomaron las últimas muestras para el sistema de confort que se indican en la Tabla 4.6 y graficadas en la Figura 4.12. De igual manera al sumar el ruido exterior con el ruido interior se tiene que el sistema de control no capta bien los comandos pronunciados, teniendo una eficiencia del sistema del 82,46%.

Tabla 4.6 Muestras tomadas con interferencias interiores y exteriores de los comandos del sistema de confort

COMANDO	MUESTRAS	ACIERTO	DESACIERTO
Abrir	22	19	3
Cerrar	22	18	4
Rápido	22	17	5
Lento	22	18	4
Seguros	22	19	3
Nada	22	19	3
Apagar	22	17	5

Muestras tomadas con interferencias interiores y exteriores de los comandos del sistema de confort. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Figura 4.12 Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores y exteriores del sistema de confort



Datos estadísticos de los comandos con interferencias interiores y exteriores del sistema de confort.

Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Se calculó la eficiencia total de todo el sistema con los valores de eficiencia de los sistemas de iluminación y confort teniendo un valor del 81,81%

4.4 Pruebas de latencia

Para las pruebas de latencia realizadas con la tarjeta de reconocimiento Elechouse V3. Se optó por tomar 22 muestras de diferentes comandos de voz como se indica en las Tablas 4.7 y Tabla 4.8. En los cuales se medía el tiempo desde cuando se pronunciaba el comando o palabra clave hasta la activación del actuador. Estos resultados se tabularon en la Tabla 4.9.

Tabla 4.7 Muestras tomadas de latencia para el sistema de iluminación

Sistema de Iluminación	Tiempo de Respuesta
t1	0,25
t2	0,23
t3	0,19
t4	0,23
t5	0,25
t6	0,26
t7	0,28
t8	0,29
t9	0,2
t10	0,2
t11	0,17
t12	0,28
t13	0,19
t14	0,2
t15	0,27
t16	0,22
t17	0,19
t18	0,24
t19	0,2
t20	0,25
t21	0,26
t22	0,28
Total	0,2332

Muestras tomadas para estimar la latencia en el sistema de iluminación. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Tabla 4.8 Muestras tomadas de latencia para el sistema de confort

Sistema de Confort	Tiempo de Respuesta
t1	0,19
t2	0,27
t3	0,27
t4	0,21
t5	0,26
t6	0,29
t7	0,26
t8	0,19
t9	0,3
t10	0,2
t11	0,29
t12	0,19
t13	0,24
t14	0,21
t15	0,18
t16	0,27
t17	0,22
t18	0,27
t19	0,22
t20	0,25
t21	0,28
t22	0,24
Total	0,2409

Muestras tomadas para estimar la latencia en el sistema de iluminación. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Tabla 4.9 Prueba de Latencia con Elechouse V3

Elechouse V3	Muestras	Tiempo de Respuesta
Luminarias	22	0,2332
Confort	22	0,2409
Total	44	0,2371

Muestras y tiempo de respuesta con Elechouse V3. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

4.5 Validación del prototipo

En la parte de validación de los prototipos se procedió a realizar las mismas 5 preguntas a los usuarios para posteriormente recopilar y tabular la información. Puntuando del 1 al 10, siendo 10 la nota más alta y 1 la nota más baja. Las preguntas que se realizaron fueron las siguientes

- Pregunta uno, ¿Cree que el prototipo es cómodo al momento de usarlo?
- Pregunta dos, ¿El prototipo le pareció útil?
- Pregunta tres, ¿Piensa que el prototipo es viable?
- Pregunta cuatro, ¿Le resultada práctico el hecho de estar hablando seguido para controlar los sistemas de iluminación y confort?
- Pregunta cinco ¿Estarían interesados en adquirir un prototipo como este que permita ayudar en la conducción de su día a día?

Se realizaron las preguntas a la persona que utilizó el prototipo de control por voz con el Elechouse V3 para accionar los sistemas de iluminación y confort. Todas las respuestas de los entrevistados fueron tabuladas en la Tabla 4.10 y graficadas en la Figura 4.12.

Tabla 4.10 Factores para la validación del prototipo con el Elechouse V3

	Uso	Utilidad	Viabilidad	Práctico	Adquisición	% Validación
Usuario 1	10	10	10	9	10	98
Usuario 2	9	8	8	9	8	84
Usuario 3	8	9	8	8	8	82
Usuario 4	9	10	9	8	9	90
Usuario 5	9	10	9	9	9	92

Factores para la validación del prototipo. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

Por medio de las preguntas realizadas a los encuestados manifestaron que no es incómodo al momento de usarlo, ya que debían colocarlo por la parte posterior de su cuello como cualquier audífono.

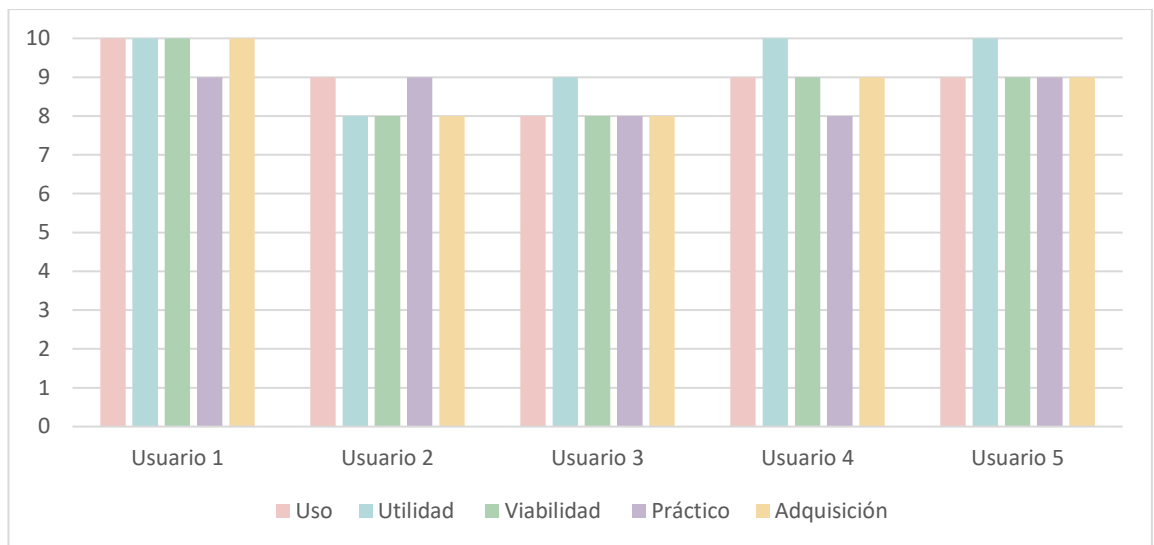
También dijeron que el prototipo era muy útil por lo que no tenían que soltar sus manos del volante ni de la palanca del freno y acelerador, podían concentrarse más en la conducción.

Dijeron que si lo verían viable ya que es interesante e innovador el controlar los sistemas del vehículo con la voz.

Manifestaron que les parecía un poco cansado el hecho de hablar seguido para activar los comandos, pero que lo harían si es necesario para evitar distracciones.

Y finalmente dijeron que si estarían interesados en adquirir el prototipo con reconocimiento de voz para implementarlo en su día a día. El interés general de este prototipo fue del 89.2%

Figura 4.13 Datos estadísticos de los resultados de validación del prototipo.



Datos estadísticos de los resultados de validación del prototipo. Elaborado por: Joffre Flores y Sebastián García

CONCLUSIONES

En las primeras pruebas que se hizo en un ambiente controlado sin interferencias se tuvo un promedio de 37 decibeles. Durante las pruebas hechas, la eficiencia del prototipo fue de un 99,02% reflejando un buen reconocimiento de los comandos de voz, debido a que, en el habitáculo no existe sonidos que puedan interrumpir a la captación de la información hacia la tarjeta de reconocimiento.

Para las pruebas con interferencias interiores el prototipo tiende a disminuir su eficiencia, ya que en estos ambientes tiene un promedio de 53 decibeles. En este caso el prototipo con el Elechouse V3 tiene una eficiencia del 90,58% debido a que el micrófono capta todo tipo de interferencias presentes en el habitáculo del vehículo causando así la disminución de la eficiencia en comparación con la prueba sin interferencias.

Con las interferencias exteriores e interiores se tuvo un promedio de 66 decibeles que es 11 decibeles por encima del rango máximo que el oído puede tolerar sin causar daños a su salud auditiva, con lo cual el sistema tiene un 81,81% de eficiencia, se puede apreciar que cuando se incrementa las perturbaciones provenientes del exterior el prototipo disminuye su eficiencia llegando a niveles no adecuados para una conducción.

Dependiendo de los distintos actuadores aplicados en el prototipo, se pensó en la creación del circuito de potencia presente en la sección 3.6. Donde permita trabajar sin problemas en un rango de hasta los 12 voltios sin tener que preocuparse por el sistema de control por voz, ya que el circuito de potencia aísla la parte de control de la parte de potencia. De igual manera, para las conexiones del prototipo se conectarán en paralelo al sistema eléctrico del vehículo por los bornes de conexión indicados en la Figura 3.33 y la Figura 3.34 según la norma DIN72552 debido a que esto permitirá una fácil instalación del mismo en el vehículo, dando así un sistema que funcione mecánicamente y automáticamente.

En el desarrollo del sistema electrónico para la automatización del vehículo utilizando reconocimiento por voz, se enfocó en la necesidad que presentan las personas con paraplejia al momento de conducir un automóvil adaptado, por lo cual se colocó las tarjetas de reconocimiento de voz Elechouse V3, que ayudan al desarrollo de un

algoritmo capaz de tomar el registro de un vocablo y almacenarlo para posteriormente realizar una comparación con otro previamente grabado y activar una función ya sea del sistema de iluminación o confort. Por medio de las pruebas realizadas en la Sección 4 se obtuvo una latencia del prototipo de 0,2371 segundos, dando una perspectiva de que la información es procesada de manera rápida para encender los distintos actuadores.

El uso de OpenHardware y OpenSource de la plataforma Arduino en el desarrollo del sistema, incluyendo a la comodidad de adquisición de los materiales que se usaron en este proyecto, dio lugar a la reducción de los costos del prototipo. Ya que existen otras alternativas como lo son los sistemas de reconocimiento que vienen de fábrica teniendo que pagar un valor de adquisición mucho más alto para el usuario promedio y sin capacidad de poder adaptar ese sistema en otros vehículos.

Por medio de los comentarios y encuestas realizadas se llegó a la conclusión que los usuarios dieron un punto de vista positivo para la implementación de este prototipo en los vehículos de personas con discapacidad para que tengan una mayor seguridad y confianza al momento de conducir, esto se vio reflejado en la Sección 4.5 con un nivel de aceptación del 89.2%.

RECOMENDACIONES

La posición correcta del micrófono es un punto muy importante para recoger la información de la voz de una manera idónea por lo cual se lo debe colocar en la parte más cercana a los labios. No es recomendable ponerlo en la parte lateral del rostro ni tampoco en el pecho ya que bajaría la eficiencia del funcionamiento del prototipo.

Es recomendable tener un ambiente sonoro dentro del habitáculo del vehículo que no sobrepase los 55 decibeles ya que esto podría afectar a la salud de la persona que está manejando y de sus acompañantes, así también mejorará la eficiencia del prototipo.

Debido a las pruebas realizadas con el Elechouse V3 se recomienda incorporar un micrófono inalámbrico ya que se recibió retroalimentación de los usuarios porque se les incomodaba el hecho de tenerlo alrededor de su cuello, como también no tener una movilidad libre en el habitáculo del vehículo.

REFERENCIAS

Adaptauto. (s.f de s.f de 2010). *Adaptauto*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de Adaptauto: <http://www.adaptauto.com/paraplejia.html>

Amazon. (s.f de s.f de 2019). *Amazon.jobs*. Obtenido de Amazon.jobs: <https://www.amazon.jobs/es/teams/alexa-voice-service>

Amazon. (s.f de s.f de s.f). *Amazon.es*. Obtenido de Amazon.es: <https://www.amazon.es/echo-dot-3-generacion-altavoz-inteligente-con-alexa-tela-de-color-antracita/dp/B07PHPXHQS?th=1>

Arduino. (s.f de s.f de s.f). *Arduino.cl*. Obtenido de Arduino.cl: <https://arduino.cl/arduino-uno/>

Arriarán, S. S. (2015). *Todo sobre sistemas embebidos: Arquitectura, programación y diseño de aplicaciones practicas con el PIC18F*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas S.A.C.

Cañizales, C. (12 de Junio de 2018). *laopinion*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de laopinion: <https://laopinion.com/guia-de-compras/los-6-mejores-y-mas-seguros-sistemas-de-alarma-para-los-autos/>

Carnovo. (12 de Diciembre de 2017). *carnovo*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2019, de carnovo: <https://carnovo.com/es/guias/tipos-de-luces-del-coche-todo-lo-que-debes-saber/>

Carrozados, Á. (2 de Julio de 2017). *Vehículos Adaptados para Discapacitados*. Obtenido de Vehículos Adaptados para Discapacitados: <http://www.grupoalvarez.com/vehiculos-discapacitados/>

CONADIS. (2019). *Personas con Discapacidad Beneficiarias del Identificativo Vehicular*. Quito: Consejo Nacional para la Igualdad de discapacidades .

CONADIS. (2019). *TOTAL DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD REGISTRADAS*. Quito: Ministerio de Salud Publica.

Echeverri, D. C. (19 de Noviembre de 2018). *MejorconSalud*. Recuperado el 6 de Diciembre de 2019, de MejorconSalud: <https://mejorconsalud.com/paraplejia-todo-lo-que-debes-saber/>

ELECHOUSE. (s.f de s.f de s.f). *elechouse*. Obtenido de elechouse: https://www.elechouse.com/elechouse/index.php?main_page=product_info&products_id=2254

Fernandez, O. (3 de Agosto de 2019). *Código Electrónica*. Obtenido de Código Electrónica: <http://codigoelectronica.com/blog/que-es-node-red>

Garcia, M. (20 de Abril de 2018). *Adaptaciones de vehículos para personas con discapacidad*. Obtenido de Adaptaciones de vehículos para personas con discapacidad: <https://www.pruebaderuta.com/adaptaciones-de-vehiculos-para-personas-con-discapacidad.php>

INVOXMedical. (s.f de s.f de 2019). *inboxmedical*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2019, de inboxmedical: <https://inboxmedical.com/noticias/la-inteligencia-artificial-en-el-reconocimiento-de-voz/>

Jiménez, J. (s.f de s.f de 2015). *ro-des*. Obtenido de ro-des: <https://www.ro-des.com/mecanica/sistema-alumbrado-del-coche-que-es/>

Jiménez, J. (s.f de s.f de s.f). *ro-des*. Obtenido de ro-des: <https://www.ro-des.com/mecanica/sistema-alumbrado-del-coche-que-es/>

Joan. (24 de Marzo de 2017). *landr*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2019, de landr: <https://blog.landr.com/es/cables-de-audio-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-tipos-de-cables-de-audio-infografia/>

Medical, S. (4 de Junio de 2018). *Coches adaptados para sillas de ruedas: vehículos y opciones*. Obtenido de Coches adaptados para sillas de ruedas: vehículos y opciones: <https://www.sunrisemedical.es/blog/coches-adaptados-sillas-de-ruedas>

Orozco, G. M. (23 de Junio de 2016). *pruebaderuta*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2019, de pruebaderuta: <https://www.pruebaderuta.com/adaptaciones-de-vehiculos-para-personas-con-discapacidad.php>

Penabad, L. R. (8 de Agosto de 2019). *noticias.coches*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2019, de noticias.coches: <https://noticias.coches.com/consejos/las-luces-de-tu-coche-como-son-y-cuando-utilizarlas/80384>

Tecneu. (2020). *tecneu*. Obtenido de tecneu:
<https://www.tecneu.com/products/modulo-wifi-esp8266-cp2102-lua-nodemcu-node-mcu>

Vega, R. (7 de Abril de 2016). *PRIMEROS PASOS CON MQTT*. Obtenido de PRIMEROS PASOS CON MQTT: <https://ricveal.com/blog/primeros-pasos-mqtt/>

Veloso, C. (19 de Junio de 2018). *electronrtools*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2019, de *electronrtools*:
<https://www.electronrtools.com/Home/WP/2018/06/19/arduino-mega-2560-caracteristicas/>

ViaLider. (19 de Abril de 2018). *ViaLider*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2019, de ViaLider: <https://www.vialider.es/blog-el-confort-en-tu-veh-culo>